DIE NATURWISSENSCHAFTEN

26. Jahrgang | 5. August 1938 | Heft 31

Die Wirkungsweise der Grundfaktoren für Haarfärbung beim Kaninchen.

Von Rolf Danneel, Königsberg i. Pr.

Die Erbmerkmale entstehen, wie die Synthese von Vererbungsforschung, Entwicklungsgeschichte und Entwicklungsphysiologie lehrt, in Reaktionsketten, in welche die für die Ausbildung der Merkmale verantwortlichen Erbfaktoren in geordneter Folge richtungbestimmend eingreifen.

Die Erforschung der *Wirkungsweise* der *Erbfaktoren* einer bestimmten Allelenserie muß somit von deren *Angriffspunkt* ausgehen, setzt also die Kenntnis derjenigen *Teilphase der Merkmalsbildung* voraus, von der an der Reaktionsverlauf unter dem Einfluß der zu untersuchenden Allele divergiert.

Die Bearbeitung der weiteren Frage nach den Vorgängen selbst, die sich in dieser Teilphase abspielen, wird dann erfolgversprechend, wenn es gelingt, die kritische Reaktion bei einer der untersuchten Rassen durch Veränderung der Außen- oder Innenbedingungen willkürlich zu beeinflussen – am besten so, daß dadurch die Wirkung eines anderen Allels kopiert wird.

Damit ist der Weg vorgezeichnet, den die Untersuchungen über die Wirkungsweise der Erbfaktoren A, a_n und a des Kaninchens genommen haben und dem auch diese Darstellung folgen soll.

1. *Die Farbrassen des Kaninchens.*

Unsere Hauskaninchen stammen vom Wildkaninchen ab, dessen Färbung auf die Erbfaktoren A, B, C, D und G zurückgeht. Wird der „Verteilungsfaktor" G zu g, so entstehen einfarbige Tiere, die nun wieder je nach der Kombination der „Farbfaktoren" B/b, C/c und D/d verschieden gefärbt sind. Der „Grundfaktor" A endlich ist das erste Glied einer Serie von Allelen, die den Ausfärbungsgrad bestimmen. Zwischen ihm und dem rezessiven a, das überhaupt keine Pigmentbildung zuläßt, stehen mehrere weitere Allele, so der *„Russenfaktor"* a_n, der zu den Russenkaninchen führt, die nur an den Körperspitzen gefärbt sind (Ohren, Nase, Schwanz und Pfoten) und von denen uns hier die Schwarzrussen (a_nBCDg) näher angehen, weiße Tiere mit einfarbig schwarzen Akra.

2. *Die Entstehung des Haarpigments bei Russenkaninchen.*

Haarpigment wird ausschließlich in den Matrixzellen der jungen oder in Erneuerung begriffenen Haarwurzel gebildet. Bei den Russenkaninchen ist dieser Vorgang temperaturmodifikabel (Schultz 1915; Lenz 1919), d. h. in der Kälte entstehen stets gefärbte, in der Wärme stets weiße Haare. Maßgebend ist dabei die Hauttemperatur, die unter normalen Verhältnissen nur an den Körperspitzen unter dem kritischen Wert von 30—35° liegt (Engelsmeier 1935), also auch nur hier die Bildung von Pigment zuläßt, und zwar jeweils desjenigen Pigments, das der übrigen Erbformel entspricht. Bei tiefer Temperatur verhalten sich also die Haarbildungszellen der Russenkaninchen wie A-Zellen, bei hoher wie a-Zellen.

Durch Veränderung der Temperatur läßt sich bei Russenkaninchen die Farbstoffbildung an jeder beliebigen Körperstelle experimentell auslösen oder unterdrücken, ein Eingriff, der auch an überlebenden Hautexplantaten leicht gelingt (Schultz 1928), wo der Vorgang der Pigmententstehung dann unmittelbar beobachtet werden kann.

3. *Die drei bisher bekannten Teilreaktionen der Pigmentbildung.*

Die Pigmentbildung durchläuft mehrere Teilreaktionen, von denen sich durch Untersuchungen an Russenkaninchen bisher drei näher kennzeichnen und voneinander abgrenzen ließen.

Reaktion III (*Pigmentbildung*). In dieser letzten Teilphase der Reaktionskette reagiert ein oxydierendes Ferment mit einem ungefärbten Chromogen unter Farbstoffbildung. Der Vorgang hat ein Temperaturoptimum, erfolgt nur bei Gegenwart von Sauerstoff und wird durch Blausäure gehemmt (Danneel 1934).

Reaktion II (*Unterkühlung*). Bei Versuchen mit Hautexplantaten fanden Schultz und Engelsmeier, daß die zur Gipfelfärbung der Russenkaninchen führende ungewöhnlich niedrige Temperaturgrenze keine Eigenschaft der eben besprochenen, zuerst aufgefundenen III. Reaktion ist. Diese findet vielmehr auch oberhalb von 37° statt, aber nur dann, wenn eine Unterkühlung von ausreichender Dauer vorangegangen ist. Die Unterkühlungstemperatur ist für den Erfolg gleichgültig, solange sie den kritischen Wert, der bei Schwarzrussen 33° beträgt, nicht überschreitet und nicht unter 10° absinkt (Engelsmeier).

Vor der eigentlichen Pigmentbildung (Reaktion III), die bei Russenkaninchen, genau wie bei den A-Rassen, auch höhere Temperaturen verträgt (bis etwa 60°), wird also ein anderer Prozeß durchlaufen, der bei Russenkaninchen nur unterhalb von 33° vor sich geht. Diese „Unterkühlungsreaktion" erfolgt auch bei Sauerstoffabschluß und ist gegen Blausäure beständig (Danneel).

Das unterschiedliche Verhalten der II. gegenüber der III. Reaktion ermöglichte bei Hautexplantaten die experimentelle Trennung der

beiden sich beim lebenden Tiere überschneidenden Phasen: Solange die Haut, vor jeder Abkühlung geschützt, bei 37° bleibt, kann Reaktion II nicht einsetzen. Kühlt man das Explantat in Stickstoffatmosphäre ab, so läuft zwar die Unterkühlungsreaktion ab, nicht aber die Pigmentbildung. Durch Überführen in Luft und 37° kann schließlich die Unterkühlung abgebrochen und die Pigmentbildung eingeleitet werden.

Mit Hilfe dieses Verfahrens konnten wir eine wichtige Beobachtung ENGELSMEIERS (1937) bestätigen: Die erwähnte obere Temperaturgrenze der III. Reaktion, die diesen Vorgang ja als Fermentreaktion kennzeichnet, ist keine konstante Größe, sondern liegt um so höher, je länger das Explantat vorher unterkühlt wurde (DANNEEL 1937). Zwischen den Reaktionen II und III besteht also ein innerer Zusammenhang, dessen Natur wir gleich kennenlernen werden.

Reaktion I. Bei gefärbten, z. B. schwarzen Kaninchen (Alaskas) wachsen nach der Einwirkung von Röntgenstrahlen auf der betroffenen Hautstelle nur noch helle, bei Verabfolgung einer genügenden Dosis ganz weiße Haare, ein Zustand, der bis zum Tode des Tieres unverändert erhalten bleibt und den wir in einem Falle durch 13 Haargenerationen hindurch verfolgen konnten (DANNEEL und LUBNOW 1936).

Die Einbeziehung von Russenkaninchen in diese Versuche erlaubte die Einordnung der röntgenempfindlichen Phase in die schon bekannte Reaktionskette. Bestrahlt man ein nestwarmes junges Russenkaninchen, so entsteht im Anschluß an eine nachfolgende Unterkühlung noch einmal eine für die volle Ausfärbung der Haarbildungszellen ausreichende Menge Pigment, bevor deren Fähigkeit zur Farbstoffbildung erlischt. In den Zellen der Haarmatrix ist also von Anfang an ein begrenzter Vorrat von „Ausgangsstoffen" enthalten, der trotz der Bestrahlung noch in Pigment übergehen kann und dabei die Unterkühlungsphase durchläuft, ohne die bei Russenkaninchen ja keine Pigmentbildung möglich ist. Die Röntgenstrahlen können somit weder die schon vorhandenen Ausgangsstoffe zerstören, noch den Ablauf der Reaktionen II und III verhindern. Ihr Angriff trifft vielmehr, wie die Dauerwirkung der einmaligen Bestrahlung beweist, überhaupt keinen Vorgang, sondern das Produkt eines solchen, einen Stoff oder eine Zellstruktur, die in den Matrixzellen des neugeborenen, noch ganz weißen Russenkaninchens bereits fertig vorliegen und nach deren Ausschaltung die erwähnten Ausgangsstoffe nicht nachgeliefert werden können, also nie wieder Pigment entsteht.

Die Natur der Strahlenwirkung kennen wir noch nicht, doch folgt aus allen bisherigen Beobachtungen mit Sicherheit, daß die Röntgenstrahlen nicht die in den Haarbildungszellen enthaltenen Erbfaktoren treffen, daß also keine somatische Mutation vorliegt.

Die Reaktionskette kann hiernach zu der folgenden Form erweitert werden:

Reaktion I	*Reaktion II* (Unterkühlung)	→	*Reaktion III* (Pigmentbildung)
Produkt gegen R-Strahlen empfindlich	Nicht R-empfindl. Temp.-Grenze 33° Anoxydativ Nicht HCN-empfindlich		Nicht R-empfindlich Temp.-Grenze über 37° Oxydativ HCN-empfindlich *Ferment + Chromogen = Pigment*

Die Reaktionen I und II folgen zwar zeitlich aufeinander; darüber hinaus besteht zwischen ihnen jedoch kein direkter Zusammenhang, wie der weitere Gang der Untersuchungen gezeigt hat (s. u.).

4. Reaktion II als Angriffspunkt der Erbfaktoren A, a_n und a.

Da sich die Pigmentbildung bei Russenkaninchen durch den besonderen Charakter der hier als Unterkühlung bezeichneten Reaktion II von dem entsprechenden Vorgange bei den *A*-Rassen unterscheidet, konnte man von vornherein erwarten (O. KOEHLER), daß die Erbfaktoren der *A*-Serie in dieser Phase wirksam würden. Den ersten Beweis erbrachte ENGELSMEIER (1935) für die Gene a_n und *a*. Bei gleicher Temperatur ist nämlich die zur Pigmentbildung benötigte *Mindestdauer der Unterkühlung bei reinerbigen* ($a_n a_n$) *Russen wesentlich kürzer als bei Bastarden zwischen Russen und Albinos* ($a_n a$), nämlich 5 Minuten bei homozygoten Schwarzrussen, 10 bis 20 bei heterozygoten (Rückenhaut). Außerdem liegt die *kritische Hauttemperatur bei den $a_n a_n$-Tieren etwas höher* (33°) *als bei den $a_n a$-Tieren* (31°).

Da somit bei Tieren, deren Zellen den Erbfaktor a_n zweimal enthalten, die Unterkühlungsreaktion schneller abläuft als bei $a_n a$-Tieren, womit, wie wir später sehen werden, auch die verschiedene Höhe der Umschlagstemperaturen zusammenhängt, *muß der Angriffspunkt des Erbfaktors a_n und demnach auch der seiner Allele in die Unterkühlungsphase fallen.* An dieser Reaktion hat deshalb unsere Weiterarbeit angesetzt.

5. Reaktion II als Phase der Fermentbildung.

Die schon erwähnte Abhängigkeit der Höchsttemperatur, bei welcher Reaktion III gerade noch ablaufen kann, von der Dauer der vorausgegangenen Unterkühlung wird verständlich, wenn in der II. Reaktion das für die Pigmentbildung erforderliche Ferment entsteht. Dann ist um so mehr Ferment vorhanden, je länger die Unterkühlung gedauert hat, und desto schneller kann auch die Pigmentbildung erfolgen, die nun erst bei entsprechend höherer Temperatur von der die Fermentreaktion überlagernden und mit zunehmender Temperatur wachsenden Fermentzerstörung (siehe Fig. 1) ausgeschaltet wird.

Diese Überlegung hat uns zu dem Versuche veranlaßt, das Ferment in Hautextrakten nachzuweisen und seine Entstehung während der Unterkühlung messend zu verfolgen (DANNEEL und SCHAUMANN 1938).

Zum Verständnis dieser Versuche muß man wissen, daß das zum Nachweis des Fermentes verwendete Dioxyphenylalanin (Dopa) durch Autoxydation allmählich von selbst in Pigment übergeht, und zwar um so schneller, je höher die Temperatur und je alkalischer das Medium ist. Versuche mit diesem Chromogen müssen also stets von einem Kontrollversuch (Dopakontrolle) begleitet sein und in gepufferten Lösungen bei einer bestimmten Temperatur durchgeführt werden.

Wie wir gleich zu Beginn erfahren mußten, bleibt eine mit klarem, wässerigem Extrakt aus der Haut junger schwarzer Kaninchen versetzte Chromogenlösung in der Pigmentbildung hinter der Dopakontrolle zurück. Die Extrakte bringen also einen *Hemmstoff* mit in die Lösung, der etwa vorhandenes Ferment nicht zur Wirkung kommen läßt und die Autoxydation des Dioxyphenylalanins verhindert.

Durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd oder durch Belüftung des Extraktes läßt sich jedoch der offenbar sehr leicht oxydable Hemmstoff absättigen. So vorbehandelte Extrakte waren fermentativ hochwirksam und färbten die damit versetzten Chromogenlösungen über mehrere Farbstufen rasch tiefschwarz, während sich die Kontrollen in derselben Zeit kaum merklich anfärbten. *Das Wirkungsoptimum des Hautfermentes liegt bei etwa 37° und bei p_H 7—7,5.*

Da die Methode des Farbvergleichs in gleichzeitig angesetzten Versuchsreihen eine recht genaue Beurteilung des Fermentgehaltes verschiedener Extrakte zuließ, konnte nun auch die weitere Frage geprüft werden, ob die Fermentbildung bei den Russenkaninchen in die Unterkühlungsphase fällt, ob also nach Ablauf dieser Reaktion in vorher fermentfreier Haut Ferment enthalten war.

Die Haut der Versuchstiere mußte hierzu bei 37° entnommen und in zwei gewichtsgleiche Hälften geteilt werden, von denen die eine bei 37°, die andere erst nach erfolgter Unterkühlung bei Zimmertemperatur weiterverarbeitet wurde.

Von den so erhaltenen beiden gleich konzentrierten Extrakten war stets nur der zweite, von der unterkühlten Haut stammende, fermenthaltig, der erste dagegen praktisch fermentfrei, wie der Verlauf eines solchen Versuchs zeigen möge:

Versuchstiere: 2 $a_n a_n$-Schwarzrussen, 2 Tage alt. Extrakte: E_1 = nicht unterkühlt, $E_2 = 1^1/_2$ Stunden bei 25° unterkühlt. Chromogen: je 2 ccm 0,2proz. Dopalösung, auf p_H 7 gepuffert. Hemmstoffzerstörung durch 0,1 ccm 0,05proz. H_2O_2 je Versuchsglas. Versuchstemperatur 37°.

Beschickung der Versuchsgefäße	Färbung nach	
	20 Minuten	6 Stunden
Chromogenlösung	farblos	hellrosa
Chromogenlös. + H_2O_2	farblos	hellrosa
Chromogenlös. + H_2O_2 + 0,5 ccm E_1	*farblos*	*rosa*
Chromogenlös. + H_2O_2 + 0,5 ccm E_2	*dunkelrosa*	*schwarz*

Das für die Pigmentbildung erforderliche Ferment entsteht also in der zweiten Phase der Reaktionskette. Das gilt natürlich nicht nur für Russenkaninchen, sondern ebenso für *A*-Tiere, bei denen die entsprechende Reaktion aus technischen Gründen für derartige Untersuchungen ja selbst nicht zugänglich ist.

6. *Die Geschwindigkeit der Fermentbildung bei A-, a_n- und a-Tieren.*

Der Nachweis, daß die Erbfaktoren der *A*-Serie in der Unterkühlungsphase wirksam werden und daß dort das Ferment entsteht, berechtigt noch nicht zu einer Verknüpfung der beiden Vorgänge. Eine Entscheidung darüber konnten wieder nur Versuche mit Russenkaninchen erbringen; dann nämlich, wenn sich zeigen ließ, daß $a_n a_n$-Schwarzrussen bei gleicher Unterkühlungsdauer mehr Ferment bildeten als gleichaltrige $a_n a$-Tiere. Wir mußten also gewichtsgleiche Hautstücke von Tieren beider Rassen gleich lange unterkühlen, zu gleich konzentrierten Extrakten verarbeiten und diese auf ihren Fermentgehalt prüfen. Nach einer bestimmten Zeit wurden hierzu die aus dem Chromogen gebildeten Pigmente mit Salzsäure ausgefällt, gewaschen, getrocknet und gewogen. Die Ergebnisse von vier derartigen Doppelversuchen enthält die folgende Übersicht:

Versuchstiere: 4 Paar junge, jeweils gleichaltrige $a_n a_n$- und $a_n a$-Schwarzrussen. Unterkühlung: 3 Stunden in N_2-Atmosphäre bei 25°. Chromogen: je 5 mg Dioxyphenylalanin in je 3 ccm Phosphatpufferlösung p_H 7,4. Hemmstoffzerstörung durch 0,1 ccm 0,05proz. H_2O_2 je Versuchsglas. Extraktzusatz je 0,5 ccm. Versuchstemperatur 37°.

Versuch	Dopakontr. mg	$a_n a_n$ mg	$a_n a$ mg
80/81	2,0	5,6	4,9
82/83	2,2	6,7	5,0
84/85	2,0	5,2	4,3
86/87	3,1	7,4	5,1
Mittelwerte	2,3	6,2	4,8

Da die gefundene Pigmentmenge (nach Abzug des im Kontrollversuch entstandenen Pigments) dem Fermentgehalt des verwendeten Extraktes direkt proportional ist, enthielt in allen 4 Versuchen, wie man sieht, der $a_n a_n$-Extrakt mehr Ferment als der $a_n a$-Extrakt, nämlich im Durchschnitt die anderthalbfache Menge. *Unter der Wirkung von zwei a_n entsteht also in der Zeiteinheit mehr Ferment als unter derjenigen von einem a_n und einem a.* Der Albinofaktor *a* dürfte dabei für die Reaktionsgeschwindigkeit belanglos sein.

Ein weiterer Versuch mit einem schwarzen Alaska (*ABCDg*) und einem gleichaltrigen $a_n a_n$-Schwarzrussen wies für die Haut des *A*-Tieres einen größeren Fermentgehalt nach als für reichlich (2 Stunden) unterkühlte Russenhaut. Wir können also unsere Aussage erweitern und feststellen, *daß sich die Erbfaktoren der A-Serie quantitativ hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Prozeß der Fermentbildung unterscheiden.*

7. Der Ort der Fermentbildung und die Rolle des Hemmstoffs.

Da Versuche mit Hautextrakten keine Auskunft darüber geben können, ob die Fähigkeit zur Fermentbildung wirklich auf die Haarbildungszellen beschränkt ist und ob der in der Haut aufgefundene Hemmstoff mit der Entstehung des natürlichen Pigments überhaupt etwas zu tun hat, haben wir die eben geschilderten, mit Hautextrakt durchgeführten Versuche alle nach der von BLOCH angegebenen Methode an Gefrierschnitten nachgeprüft (DANNEEL und PAUL 1938).

Die Dopareaktion fiel vor der Unterkühlung stets negativ, nach der Unterkühlung stets positiv aus, und hier schwärzten sich in der gepufferten Chromogenlösung nur die Matrixzellen der Haarwurzeln. Die Haut von heterozygoten Schwarzrussen ($a_n a$) mußte zur Erzielung einer eben sichtbaren Reaktion wesentlich länger unterkühlt werden als diejenige von homozygoten Tieren ($a_n a_n$).

Soweit deckt sich also das Ergebnis dieser Versuche mit dem der Extraktversuche. Während aber in den Hautextrakten stets Hemmstoff enthalten war, der zum Nachweis des Fermentes erst zerstört werden mußte, pigmentierten sich die Haarbildungszellen in Gefrierschnitten durch die Haut ganz junger Tiere (0—6 Tage) auch ohne jegliche Vorbehandlung. Bei älteren Tieren erfolgte die Reaktion aber auch hier erst nach vorherigem Eintauchen der Schnitte in Wasserstoffsuperoxyd. Wir schließen daraus, daß in den Haarbildungszellen gerade in der Zeit, wo sie am leichtesten Pigment bilden, noch kein Hemmstoff enthalten ist, daß dieser also mit der natürlichen Pigmentbildung ursprünglich nichts zu tun hat. Später diffundiert er dann offenbar aus der umgebenden Haut in die Haarwurzel, ein insofern günstiger Umstand, als uns die zu dieser Zeit geprüften Schnitte darüber belehren, daß der Unterschied im Verhalten von Extrakten und Schnitten nicht durch die verschiedene Versuchstechnik vorgetäuscht wurde.

Streng genommen beweisen überhaupt erst diese Versuche eindeutig, daß die Erbfaktoren der *A*-Serie die Geschwindigkeit der Fermentbildung bestimmen, nicht aber, wie man ja auch hätte annehmen können, die Hemmstoffbildung beeinflussen.

Neuerdings ist es uns auch gelungen, in Hautextrakten Ferment und Hemmstoff ohne Zusatz zerstörender Agentien voneinander zu trennen (DANNEEL und SCHAUMANN 1938). Beim Aussalzen mit Ammoniumsulfat fällt das Ferment nämlich mit den Globulinen, der Hemmstoff aber mit den Albuminen; das Filtrat hat weder Ferment- noch Hemmstoffwirkung. Die wieder gelöste, nunmehr hemmstofffreie, aber *fermenthaltige Globulinfraktion färbte Dopalösung auch ohne vorherige Oxydation* innerhalb weniger Minuten.

8. Die Beziehungen zwischen den Reaktionen I und II.

Die neu gewonnene Versuchstechnik ermöglichte weiterhin die Beantwortung einer Frage, die früher offen bleiben mußte: ob nämlich das röntgenempfindliche Produkt der I. Reaktion eine Bedeutung für die II. Reaktion hat, etwa das Proferment darstellt.

In bestrahlter Haut eines schwarzen Alaskas, die wir zu einer Zeit entnahmen, als gerade helle, fast weiße Haare nachwuchsen, fand sich indessen ebensoviel Ferment wie in schwarzer unbestrahlter Haut desselben Tieres, die gleichzeitig durch Rupfen zur Haarneubildung veranlaßt worden war.

Das Produkt der I. Reaktion wird zur Fermentbildung also nicht gebraucht. Wir hatten dieses Ergebnis erwartet, weil wir Grund zu der Annahme haben, daß Reaktion I mit III gekoppelt ist. Es folgt dies jedoch nicht etwa schon aus der fehlenden Beziehung zu II, weil wir sicher noch nicht alle Glieder der pigmentbildenden Reaktionskette kennen.

9. Der Stand der Untersuchungen.

Dem eingangs vorgezeichneten Wege folgend, hat die Untersuchung des Vorganges der Pigmentbildung bei erbbekannten Kaninchenrassen 1. die Teilphase aufgedeckt, von der an die Merkmalsentwicklung unter dem Einfluß der allelen Gene *A*, a_n und *a* nachweislich verschieden verläuft (Reaktion II), 2. zur Ermittelung des Vorganges selbst geführt, der sich in dieser Phase abspielt (Fermentbildung), und 3. erwiesen, worin sich dieser Vorgang bei den drei Rassen unterscheidet (Reaktionsgeschwindigkeit).

Die Gipfelfärbung des Russenkaninchens, deren Eigenart ja diese Untersuchungen angeregt hat, findet damit selbst ihre Erklärung. Wie das Kurvenbild (Fig. 1), das allen bisherigen Versuchsergebnissen gerecht wird, besser veranschaulicht als Worte, entsteht unter der Wirkung des Erbfaktors a_n in der Zeiteinheit so wenig Ferment, daß entgegen den uns von anderen Fermentreaktionen her geläufigen Verhältnissen schon bei 31—33° die übliche, mit zunehmender Temperatur wachsende Fermentzerstörung überwiegt und das Ferment — bei $a_n a$-Tieren früher (31°) als bei $a_n a_n$-Tieren (33°) — so stark reduziert, daß eine bestimmte, für die spätere Pigmentbildung erforderliche Mindestmenge nicht mehr erreicht wird. Solange die Geschwindigkeit der Fermentbildung oberhalb dieses „Schwellenwertes" liegt, erfolgt, entsprechend der fast alternativen Modifikabilität des Vorganges, volle Ausfärbung; bei unterschwelliger dagegen überhaupt keine. So wird auch die Beobachtung ENGELSMEIERS verständlich, daß die Unterkühlungstemperatur für den Erfolg gleichgültig ist, solange sie in den Temperaturbereich fällt, in dem die Fermentbildungskurven oberhalb des Schwellenwertes liegen.

Aus demselben Grunde dominiert hier a_n über *a*, woraus weiter folgt, *daß in diesem Falle die Geschwindigkeit der Fermentbildung über die Dominanz entscheidet, daß diese somit ebenfalls von der Temperatur abhängt.* Bei Hauttemperaturen zwischen etwa 13 und 31° färbt sich, wie das

Kurvenbild in Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Befund zeigt, $a_n a$-Gewebe voll aus (Dominanz), bleibt zwischen 31 und 33° dagegen zum Unterschied von $a_n a_n$-Gewebe weiß, zeigt hier also intermediäres Verhalten.

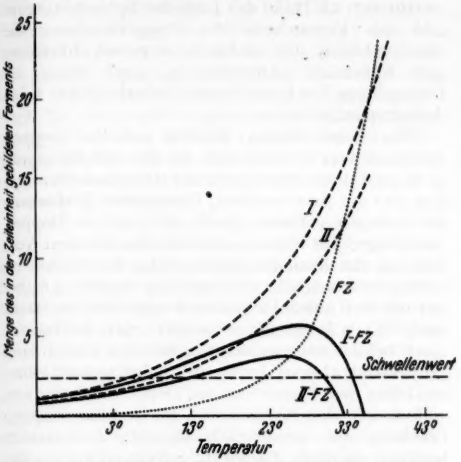


Fig. 1. Die Fermentbildung bei $a_n a_n$- und $a_n a$-Schwarzrussen (schematisch). Wie die gestrichelten Kurven, würde die Menge des pro Zeiteinheit bei $a_n a_n$ (*I*)- und $a_n a$ (*II*)-Tieren gebildeten Fermentes ansteigen, wenn nicht mit wachsender Temperatur ein immer größerer Anteil der Fermentzerstörung (Kurve *FZ*) anheimfiele. Die Überlagerung der beiden Prozesse ergibt die wirkliche Geschwindigkeit der Fermentbildung (*I-FZ* und *II-FZ*).

Zur Entscheidung der Frage, ob die Fermentbildung die erste unmittelbare Wirkung der untersuchten Erbfaktoren darstellt, oder ob weitere Reaktionen dazwischen liegen, bieten die bisher vorliegenden Befunde noch keine Anhaltspunkte.

Die hier geschilderten Untersuchungen berühren sich, was das Ergebnis angeht, auf das engste mit denjenigen KÜHNS und seiner Mitarbeiter über die Färbung der Augen bei der Mehlmotte, wo es zum erstenmal gelungen ist, die Bildung eines *Hormons* auf ein bestimmtes Gen zurückzuführen. Hier wurde zuerst der Wirkstoff selbst entdeckt. Da der unserer Reaktion II entsprechende Vorgang der Hormonbildung bisher nicht zugänglich war, mußte der Beweis für seine Genabhängigkeit durch Transplantationsversuche erbracht werden. In der Tat führte die Überpflanzung hormonbildender Organe schwarzäugiger *A*-Tiere auf rotäugige *a*-Tiere hier zur Entstehung der *A*-Merkmale, während die Implantation von *a*-Gewebe wirkungslos blieb. Der Pigmentierungsgrad hängt im ersteren Falle von der eingepflanzten Gewebemenge ab, nicht aber davon, ob *AA*- oder *Aa*-Gewebe verwendet wird. In diesem Zusammenhange müssen endlich die beiden von BEADLE und EPHRUSSI entdeckten, bei der Augenfärbung der Taufliege maßgebend beteiligten Genstoffe erwähnt werden, von denen der eine nach den letzten Untersuchungen von BECKER und PLAGGE mit dem Gen-*A*-Hormon der Mehlmotte identisch ist (siehe diese Zeitschr. 1938, Heft 27).

Literatur.

R. DANNEEL, Zur Physiologie der Kälteschwärzung beim Russenkaninchen. I. Biol. Zbl. **54** (1934) — Untersuchungen über die temperaturempfindliche Haarpigmentbildung bei Russenkaninchen. Z. indukt. Abstammgslehre **73** (1937). — R. DANNEEL u. E. LUBNOW, Zur Physiologie der Kälteschwärzung bei Russenkaninchen. II. Biol. Zbl. **56** (1936). — R. DANNEEL u. K. SCHAUMANN, Zur Physiologie der Kälteschwärzung bei Russenkaninchen. III. Biol. Zbl. **58** (1938). — W. ENGELSMEIER, Nachweis der alternativen Modifikabilität der Haarfärbung beim Russenkaninchen. Z. indukt. Abstammgslehre **68** (1935) — Einfluß der Temperatur auf die Ausfärbung der Haare bei Kaninchen verschiedener Erbrassen. Z. indukt. Abstammgslehre **73** (1937). — F. LENZ, Ein Streiflicht auf die Akromegalie. Münch. med. Wschr. **1919**, Nr 35. — W. SCHULTZ, Schwarzfärbung weißer Haare durch Rasur und die Entwicklungsmechanik der Farbmuster von Haaren und Federn. I. Arch. Entwickl.mechan. **41** (1915) — Kältefärbung weißer Haare bei Schokolade-, Blau- und Ganzweiß-Russenkaninchen. Biol. generalis (Wien) **4** (1928) — Haarmelaninerzeugung bei Albinos innerhalb 5 Minuten. Arch. f. Dermat. **165**, (1932).

Molekulare Bauweisen tierischer Zellen und Gewebe und ihre polarisationsoptische Erforschung[1].

Von W. J. SCHMIDT, Gießen.

(Schluß[1].)

III. Polarisationsoptische Analyse.

Im voraufgegangenen wurden vielfach die Ergebnisse der polarisationsoptischen Analyse vorweggenommen; jetzt soll noch der Weg angedeutet werden, der zu ihnen führt. Man kann bei der Doppelbrechung von Zellen und Geweben zwei Anteile scheiden: *Eigendoppelbrechung*, die dem *Molekelgefüge* als solchem zukommt, und *Formdoppelbrechung* als Folge der *Mischkörperstruktur* (s. unten) der Gewebe[1].

[1] Vgl. Heft 30, S. 481.

[1] Feste isotrope Körper, z. B. Glas, werden bei mechanischer Beanspruchung innerhalb der Elastizitätsgrenze doppelbrechend und bei doppelbrechenden Kristallen kommt es zum Auftreten zusätzlicher Doppelbrechung: *photoelastischer Effekt*. Auch bei tierischen Geweben lassen sich derartige Wirkungen hervorrufen; z. B. wird die positive Doppelbrechung kollagener Fasern durch Zug verstärkt und die negative mit

Wir betrachten zunächst die *Eigendoppelbrechung*. Wenn auch nach CABANNES[1] jede Molekel grundsätzlich als doppelbrechend zu betrachten ist, so kann man doch immer nur die Doppelbrechung von Molekel*verbänden* prüfen. Ob es sich dabei einfach um Parallelisierung von Molekeln nach einer Richtung oder Ebene, oder aber um ihren raumgittermäßigen Zusammenschluß (Micellgefüge) handelt, läßt sich polarisationsoptisch nicht sicher unterscheiden; hierfür ist vielmehr das Röntgendiagramm zuständig. Da es sich aber in dem letztgenannten Falle um Gitter aus parallelstehenden Molekeln handelt, so bleiben diese Umstände für die Ermittlung der *Strichrichtung der Molekeln* zunächst ohne Bedeutung.

Die Eigendoppelbrechung von *Fibrillen* ist stets als *einachsig* befunden worden mit der *optischen Achse parallel der Länge* (z. B. Axopodien, Myofibrillen, kollagene Fasern, Chitinfasern). Die Strichrichtung der Molekeln entspricht also dem Zuge der optischen Achse. Die optische Einachsigkeit braucht nicht notwendig zu besagen, daß die nach der Länge der Fibrillen parallelisierten (siehe S. 485) Molekeln oder ihre gittermäßig geordneten Bereiche selbst optisch einachsig sind; sie könnten auch optisch zweiachsig sein; aber infolge der Regellosigkeit der Struktur auf dem Fibrillenquerschnitt (s. S. 485) bildet sich hier statistische Isotropie aus.

Auch die Eigendoppelbrechung von *Folien* ist *optisch einachsig*, aber mit der *optischen Achse senkrecht zur Fläche*. Solches Verhalten versteht sich aus dem wirren Verlauf der Fadenmolekeln in der Fläche: alle Richtungen in ihr sind strukturell und also auch optisch gleichwertig, während die Flächensenkrechte eine einzigartige Richtung des Gefüges darstellt, senkrecht zur Länge der Molekeln. Die Strichrichtung der Molekeln geht also bei Folien *senkrecht* zur optischen Achse. Das *Vorzeichen* der Eigendoppelbrechung von Fibrille und Folie (bezogen auf die optische Achse) ist — bei Ausführung aus dem gleichen Material — *gegensätzlich*, was damit zusammenhängt, daß die Molekeln in dem einen Falle parallel, im anderen senkrecht zur optischen Achse verlaufen. Auch ist die *Stärke* der Eigendoppelbrechung für die beiden Bauweisen verschieden, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll.

Nun hat sich das *Vorzeichen der Eigendoppelbrechung* bei *Proteinfibrillen* in ihrem natürlichen Zustande stets als *positiv* in bezug auf die optische Achse erwiesen[1]; bei Folien ist es, gemäß dem vorhin Gesagten, negativ. Kennt man also den Eiweißcharakter eines Zell- oder Gewebebestandteils (der etwa mikrochemisch ermittelt werden kann), so läßt sich an Hand der Lage der optischen Achse und des Vorzeichens der Doppelbrechung die Strichrichtung der Molekeln angeben, fibrillärer und Folienbau unterscheiden, auch wenn die Formgebung des betreffenden Gebildes dafür keine Anhaltspunkte bietet.

Von wesentlichem Einfluß auf die Doppelbrechung von Proteinfasern ist der *Streckungsgrad* (s. S. 486) ihrer Molekeln[2]: Bei der *Muskelkontraktion* und der (irreversiblen) *thermischen Verkürzung der kollagenen Fasern sinkt* die positive Doppelbrechung[3]; bei der reversiblen thermischen Verkürzung der *Elastoidinfäden* ist das Vorzeichen im Zustande maximaler Verkürzung *negativ*, um bei der mit der Abkühlung wieder eintretenden Streckung durch Isotropie zu positiv zurückzukehren. Auch bei der irreversiblen thermischen Verkürzung (Superkontraktion) des Haares kehrt sich im Oberhäutchen das Vorzeichen der Doppelbrechung um, während in den Rindenzellen die positive Doppelbrechung nur beträchtlich absinkt. Andererseits besitzen *elastische Fasern* im unbeanspruchten Zustand so gut wie keine Doppelbrechung, erhalten sie aber bei Dehnung (vgl. S. 486). Mit zunehmender Fältelung der Eiweißfadenmolekeln nimmt also die positive Doppelbrechung von Proteinfasern allgemein ab und kann sogar in einzelnen Fällen in negative übergehen.

Von der Doppelbrechung der Proteine unterscheidet sich die der *Nukleoproteide* auffallend: *Fäden* aus *reiner α-Thymonukleinsäure* sind *negativ* eigendoppelbrechend in bezug auf die Länge, *Folien* aber positiv in bezug auf die Flächensenkrechte, und die Gallerte wird durch Zug stark negativ eigendoppelbrechend in bezug auf die Dehnungsrichtung; die Substanz verhält sich also wie ein Gel mit *stäbigen negativen* Submikronen[2]. Fäden und Ausstriche aus *frischem Kernmaterial*[3] zeigen die gleiche Optik, ebenso verhalten sich die *chromatischen Abschnitte spießförmiger Spermienköpfe*, deren fibrillärer Feinbau an Hand der Formdoppelbrechung nachgewiesen ist. Auch die *Chromosomen* der Speicheldrüsenkerne von *Chironomus*[4] wirken in den nukleinsäurehaltigen Querscheiben (Chromomeren) negativ in bezug auf die Länge des Kernfadens. Diese Chromosomen haben gemäß eingehender morphologischer Untersuchung *keine* Spiralstruktur, bestehen vielmehr aus einem Bündel

---

Phenolen oder gewissen Gerbstoffen behandelter Desmofibrillen wechselt das Vorzeichen; bei Entspannung kehrt die ursprüngliche Doppelbrechung sogleich zurück. Im lebenden Tierkörper sind solche Wirkungen kaum bekannt, obwohl man dem eben Gesagten gemäß etwa annehmen muß, daß die Doppelbrechung einer durch Muskelzug kräftig angespannten Sehne steigt. E. FISCHER (s. Anm. 1, S. 514, rechts) möchte den Anstieg der Doppelbrechung des glatten Muskels bei isometrischer Kontraktion zum Teil als photoelastischen Effekt seiner „flüssigen" Phase deuten.

[1] J. CABANNES, La diffusion moléculaire de la lumière. Paris 1929.

[1] Die Skleroproteine bei Wirbellosen sind in dieser Hinsicht noch nicht ausreichend untersucht.

[2] Vgl. hierzu S. 251—260 meines hier S. 482, links, genannten Buches, ferner hier Anm. 6, S. 485, links.

[3] Nach E. FISCHER (J. cellul. a. comp. Physiol. **8**, 503—514) *steigt* die Doppelbrechung des Retraktors von Phascolosoma während der isometrischen Kontraktion bei *großer* Ausgangslänge.

[4] W. J. SCHMIDT, Naturwiss. **25**, 506—507 (1937).

feiner Fibrillen (wofür auch ihre starke Querschnittsverminderung bei der Entquellung spricht), die in bestimmten Abständen Teilchromomeren tragen; diese treten nach der Quere zu den nukleinsäurehaltigen Scheiben zusammen. Die nukleinsäurehaltigen Abschnitte des fibrillär gebauten Chromosoms wirken also offenbar negativ doppelbrechend in bezug auf seine Länge. Chromosomen mit *einfach spiralig gewundenem* Chromonema haben also positives Vorzeichen der Eigendoppelbrechung, solche mit *doppelspiraligem* Chromonema negatives in bezug auf die Länge[1]. Bei der Beurteilung des Vorzeichens der Eigendoppelbrechung von Chromosomen ist also das Verhalten des Chromonemas zu beachten.

Unter den Kohlehydratbaustoffen wirken Cellulose- und *Tunicinfibrillen positiv*, *Chitin*fibrillen aber *negativ* eigendoppelbrechend in bezug auf die Länge und also auch auf die Strichrichtung der Molekeln. Sehr bemerkenswert ist die *Umkehr* des Vorzeichens der Doppelbrechung der *Cellulose* durch *Nitrierung* und *Acetylierung* unter Erhaltung der mikroskopischen Struktur, also in *topochemischer Reaktion*. Die bereits von Natur negative Eigendoppelbrechung des *Chitins* wird durch Nitrierung *verstärkt*[2]. Die Einfügung der stickstoffhaltigen Seitengruppen in die Molekel der genannten Kohlehydrate macht sich also auch optisch sehr bemerkbar[3].

Die Eigendoppelbrechung der *Lipoide* ist in ihrem natürlichen Zustande bisher stets als *einachsig* mit *positiver optischer Achse senkrecht zur Lamellenfläche* befunden worden. Da die Molekeln in orientierten Lipoidschichten gemäß der röntgenographischen Analyse senkrecht zur Fläche stehen (s. S. 488), so fällt ihre *Strichrichtung* mit der *optischen Achse* zusammen. Die radiale Lage der positiven optischen Achse in einem Myelinschlauch oder den Lipoidanteilen der Markscheide des Nerven besagt also entsprechende Stellung der Molekeln.

Die Ermittlung der Optik von *Eiweiß-Lipoidsystemen* erfolgt durch den Vergleich *vor* und *nach* dem Herauslösen der lipoiden Komponente[4]. Deren optische Wirkung kann bei genügend widerstandsfähigen Geweben auch durch *Erwärmen* (Übergang in eine amorphe Phase) zeitweilig aufgehoben werden. Auch chemische Wege zur Beseitigung der Doppelbrechung des im Objekt belassenen Lipoids kommen gelegentlich in Frage[1].

Ein weiteres Mittel zur Erforschung der Strichrichtung der Molekeln bietet die *dichroitische Färbung*[2]. Viele Gewebe zeigen nach Behandlung mit Farbstoffen, auch mit gewissen Metallsalzen, *Unterschiede der Absorption nach den beiden Schwingungsrichtungen*, die sich bei Beobachtung in linearpolarisiertem Licht wahrnehmen lassen, indem erst die eine, dann die andere Schwingungsrichtung des Objektes der des Nikols parallel gestellt wird. Ermittelt man nun bei einer Fibrille, welche Farbe der Länge derselben — und also auch der *Strichrichtung der Molekeln* — zugeordnet ist, so läßt diese sich auch an anderen Objekten (aus dem gleichen Material) feststellen. Dieses Verfahren ist von besonderem Wert, weil es von dem Vorzeichen der Doppelbrechung des betreffenden Objektes (Kräfteverhältnis von Form- und Eigendoppelbrechung s. unten) unabhängig ist. So konnte z. B. gesichert werden, daß in den *Außengliedern der Sehzellen* der Wirbeltiere die Eiweißmolekeln *quer* zur Länge verlaufen, während man nach der Formgebung dieser Gebilde zunächst an fibrilläre Bauweise denken möchte. Übrigens finden sich auch Gewebe im Tierkörper, die infolge der orientierten Einlagerung *natürlicher* Farbstoffe dichroitisch sind, so z. B. die Außenglieder der Sehzellen durch die Anwesenheit des *Sehpurpurs* oder das Chitin gewisser Wassermilben durch einen blauen Farbstoff[3].

Das Gefüge der Molekeln der Gewebebaustoffe erfüllt den Raum einer Fibrille usw. in der Regel nicht kontinuierlich, sondern ist von einem *submikroskopischen*, meist in sich zusammenhängenden (also imbibierbaren) Lückenwerk (*Gefügelücken*) durchsetzt, das *Flüssigkeit* (Wasser), gelegentlich aber auch *feste* (geordnete oder amorphe) Substanz oder *Luft* enthält. Vor allem gilt das bei Ausbildung von Micellgefüge, wie bereits früher dargelegt (s. S. 485). Die räumliche Gestaltung des Lückenwerkes hängt von der vorliegenden molekularen Bauweise ab, verhält sich zu ihr wie die Matrize zur Form und ist daher stets *anisodiametrisch*.

Ein solches System wirkt aber als *Mischkörper* im Sinne von WIENER: Wechseln in submikroskopischen Verhältnissen zwei Anteile[4] von *verschiedener*

[1] Y. KUWADA, Cytologia (Tokyo), Fujii Jubilee Vol. 389—402 (1937) — T. NAKAMURA, ebenda 484—493 — K. PÄTAU, Arch. Protistenkde **89**, 393—404 — Ber. wiss. Biol. **45**, 7 (1938) (Referat über W. J. SCHMIDT).

[2] W. J. SCHMIDT, Z. Mikrosk. **50**, 296—304 (1933).

[3] Ja selbst bei Behandlung von Eiweißfibrillen (Myofibrillen) mit Salpetersäure beobachtete ich (siehe mein hier S. 482, links, Anm. 2, genanntes Buch S. 237) Umkehr des Vorzeichens der Doppelbrechung. Auch *Phenole* erzeugen, wie v. EBNER entdeckte, Änderung des Vorzeichens der Doppelbrechung bei gewissen Eiweißfibrillen (z. B. Kollagen); jedoch kann die Reaktion durch einfaches Auswaschen wieder rückgängig gemacht werden, so daß sie mehr adsorptiven Charakter zeigt (orientierte Einlagerung der Phenolmolekeln).

[4] Auch andere Gewebe, die doppelbrechende Anteile verschiedener Art in kleinsten Raumverhältnissen enthalten, werden in ähnlicher Weise untersucht: so lassen sich bei *Knochen* und *Zahnbein* die kollagenen Fasern durch Auskochen, die Erdsalze durch Säurebehandlung entfernen und der jeweils zurückbleibende Anteil polarisationsoptisch prüfen.

[1] W. J. SCHMIDT, Z. Zellforsch. **22**, 485—522 (1935).

[2] Zur allgemeinen Orientierung vgl. W. J. SCHMIDT in ABDERHALDENS Handbuch biologischer Arbeitsmethoden Abt. V, Tl. 2, 2, 1835—1924 (1931).

[3] Über natürlichen Dichroismus tierischer Gewebe vgl. W. J. SCHMIDT, Z. Mikrosk. **54**, 379—389 (1938).

[4] Die beiden Anteile können fest oder auch der eine davon flüssig oder gasförmig sein; für das Folgende kommen nur die beiden letzten Fälle in Frage.

Brechzahl regelmäßig und in anisodiametrischer Formgebung ab, so ist der Mischkörper *doppelbrechend*, und zwar auch dann, wenn beide Anteile aus isotropem Material bestünden. Die Stärke dieser *„Formdoppelbrechung"* steigt mit der Differenz der beiden Brechzahlen; sie hängt weiter von dem *relativen Volumen* der beiden Anteile ab, ist am größten, wenn die Volumina gleich sind, und nimmt ab, wenn der eine oder der andere Anteil volummäßig ins Übergewicht kommt. Auch die Bauweise — ob Fibrille oder Folie — hat Einfluß auf die Stärke der Formdoppelbrechung. Bei einer *Fibrille* ist die Formdoppelbrechung *positiv einachsig* mit der *optischen Achse parallel der Fibrillenachse*, bei einer *Folie negativ einachsig* mit der *optischen Achse senkrecht zur Fläche*. In beiden Fällen geht die *große Achse der Indexellipse* parallel der *bevorzugten Dimension des Feinbaues* und also der *Strichrichtung der Molekeln*. Diese kann somit an Hand der Formdoppelbrechung ermittelt werden.

Die *Untersuchung* der Formdoppelbrechung erfolgt mit dem AMBRONNschen *Imbibitionsverfahren:* Variiert man bei einem Mischkörper mit einem festen *isotropen* Anteil die Brechzahl (n) der durchtränkenden Flüssigkeit innerhalb eines genügenden Bereiches, von niedersten zu höchsten Werten fortschreitend, so nimmt zunächst die Formdoppelbrechung ab, da die Brechzahl des flüssigen Anteils sich der des festen annähert; sie wird null, wenn beide gleich sind, und sie steigt dann wieder an in dem Maße, wie die Brechzahl der Flüssigkeit sich von der des festen Anteiles wieder entfernt. Dieser Ablauf läßt sich in einer *Formdoppelbrechungskurve* (F, Fig. 18a) darstellen, indem auf

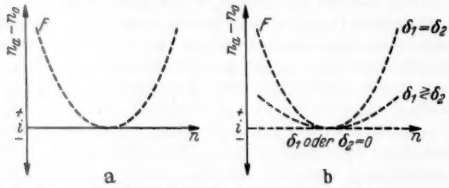


Fig. 18. Formdoppelbrechung eines Mischkörpers aus einem festen und einem flüssigen Anteil: a) Abhängigkeit der Doppelbrechung $n_a - n_o$ von der Brechzahl n der imbibierenden Flüssigkeit. b) Abhängigkeit von den relativen Volumina δ_1 und δ_2 der beiden Anteile. i Linie der Isotropie.

der Ordinate die Doppelbrechung des Mischkörpers ($n_a - n_o$), auf der Abszisse die jeweils zugehörige Brechzahl der imbibierenden Flüssigkeit (n) verzeichnet wird; bei positivem Vorzeichen der Doppelbrechung trägt man oberhalb, bei negativem unterhalb der Abszisse ab, die damit zur *Linie der Isotropie* (i) wird. Die Formdoppelbrechungskurve berührt mit ihrem Fußpunkt die Linie der Isotropie: hier haben beide Anteile des Mischkörpers gleiche Brechzahl und ist also seine Formdoppelbrechung aufgehoben. Sind (Fig. 18b) die *relativen Volumina* (δ_1 und δ_2) beider Anteile *gleich*, dann hat die *Kurve maximale Durchbiegung* ($\delta_1 = \delta_2$); gelangt der eine oder andere Anteil volummäßig in Übergewicht ($\delta_1 \gtrless \delta_2$), so flacht sie sich ab; und sie entartet zu einer Geraden auf der Linie der Isotropie, wenn δ_1 oder $\delta_2 = 0$ wird, d. h. nur noch ein, lückenlos schließender Anteil vorhanden ist.

Besitzt das Objekt aber *zugleich Eigendoppelbrechung* (E, Fig. 19), die, von der Imbibition unbeeinflußt, als Parallele zur Abszisse (im positiven oder im negativen Gebiet) zur Darstellung kommt,

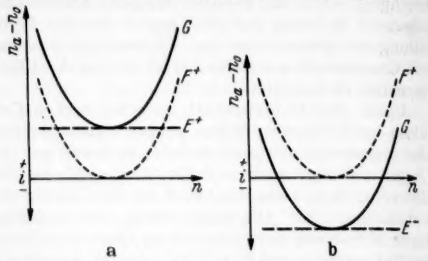


Fig. 19. Zusammenwirken von Form- (F) und Eigendoppelbrechung (E) zur Gesamtdoppelbrechung (G): a) bei gleichem (F^+, E^+), b) bei entgegengesetztem (F^+, E^-) Vorzeichen; $n_a - n_o$ Stärke der Doppelbrechung, n Brechzahl der imbibierenden Flüssigkeit, i Linie der Isotropie.

so überlagern sich Form- und Eigendoppelbrechung in der *Gesamtdoppelbrechung:* Die Kurve der Formdoppelbrechung verschiebt sich mit ihrem Fußpunkt auf die Linie der Eigendoppelbrechung und wird so zur Kurve der Gesamtdoppelbrechung (G, Fig. 19a u. b). Bei *gleichem* Vorzeichen von Form- und Eigendoppelbrechung (F^+, E^+, Fig. 19a) tritt beim Imbibitionsversuch — unter Erhaltung des Vorzeichens — nur ein *Minimum* der Gesamtdoppelbrechung (nicht mehr Isotropie!) auf (Fußpunkt von G: reine Eigendoppelbrechung). Bei *entgegengesetztem* Vorzeichen von Form- und Eigendoppelbrechung (F^+, E^-, Fig. 19b) aber *schneidet die Kurve der Gesamtdoppelbrechung zweimal die Linie der Isotropie*, d. h. das Vorzeichen der Gesamtdoppelbrechung *kehrt* sich *zweimal* um. An den Umkehrpunkten haben Form- und Eigendoppelbrechung gleiche Stärke, heben sich aber kraft entgegengesetzten Vorzeichens auf; am Fußpunkt der Gesamtdoppelbrechungskurve liegt nur mehr die Eigendoppelbrechung vor. Aus einer Kurve der Gesamtdoppelbrechung läßt sich also ohne weiteres der Anteil der Eigendoppelbrechung (Parallele zur Abszisse durch den Fußpunkt) und der Formdoppelbrechung (Verlagerung der Kurve auf die Linie der Isotropie) entnehmen[1].

Bei allen näher geprüften tierischen Geweben, wie Myofibrillen, kollagenen Fasern, Elastoidinfäden, Cilien, Chitinfibrillen und -folien, Axoplasma und Markscheide des Nerven, chromatischer Anteil

[1] Da Form- (F) und Eigendoppelbrechung (E) sich zu Gesamtdoppelbrechung (G) summieren, gilt:
$G = F + E$, $F = G - E$ und $E = G - F$.

spießförmiger Spermienköpfe hat sich das Zusammenwirken von Form- und Eigendoppelbrechung gleichen oder entgegengesetzten Vorzeichens ergeben; es läßt sich also erst durch den Imbibitionsversuch sicher ermitteln, ob eine im natürlichen Zustand des Gewebes vorhandene Doppelbrechung Form- oder Eigendoppelbrechung ist, und die auf S. 510/11 gemachten Angaben über Eigendoppelbrechung beruhen auf dem Ergebnis von Imbibitionsversuchen[1]. Nur bei *negativen* Fibrillen (oder Folien, die negativ auf die Tangente des Querschnittes wirken) kann man ohne weiteres das Vorliegen negativer Eigendoppelbrechung erschließen, da ja die Formdoppelbrechung in diesem Falle stets positiv ist. Nachweis von Formdoppelbrechung macht die Anwesenheit von Micellgefüge wahrscheinlich (das ja bei verschiedenen der ebengenannten Fälle röntgenographisch gesichert ist), und ihr Vorzeichen gibt Aufschluß über die bevorzugte Dimension des Gefüges (s. S. 512) und damit auch über die Strichrichtung der Molekeln.

Aus der Formdoppelbrechung lassen sich weiter Schlüsse auf das *relative Volum von Gefüge und Lücken* ziehen. Beim *unreifen Zahnschmelz* z. B. überlagern sich positive Formdoppelbrechung und negative Eigendoppelbrechung; die erste ist bedingt durch Faserstruktur des einzelnen Schmelzprismas, die letzte durch die kristalline Natur des phosphorsauren Kalkes, der in submikroskopischen Hydroxylapatitkriställchen vorliegt, die mit ihrer größeren Achse (zugleich optische Achse) annähernd nach der Länge jeden Schmelzprismas verlaufen. Im Laufe der Schmelz*härtung* werden die Gefügelücken durch weitere orientierte Einlagerung von Hydroxylapatit geschlossen, was sich in dem Schwund der Formdoppelbrechung ausprägt. Nach noch unveröffentlichten messenden Untersuchungen von MARIANNE HARDERS-STEINHÄUSER tritt bei der Schmelzhärtung zunächst Verstärkung, dann Sinken der Formdoppelbrechung ein, während die Eigendoppelbrechung stetig ansteigt. Fig. 20 zeigt schematisch fünf zeitlich aufeinanderfolgende Gesamtdoppelbrechungskurven (1—5) bei einem derartigen Vorgang: Der vorübergehende Anstieg der Formdoppelbrechung spricht sich darin aus, daß von 1 bis 2 die *Durchbiegung der Kurven* zu-, von 3—4 aber wieder abnimmt, ja schließlich in eine Gerade (5) übergeht; die ununterbrochene Zunahme der negativen Eigendoppelbrechung kommt in der stetigen *Abwärtsbewegung* des Fußpunktes der Kurven zum Ausdruck. Solches Verhalten des Zahnschmelzes erklärt sich folgendermaßen: Da die Fußpunkte aller Kurven beim gleichen n verharren, erscheint eine Änderung der Eigendoppelbrechung (Änderung des Materials oder der Orientierung der Kristallite) ausgeschlossen, vielmehr kann es sich nur um eine Änderung des relativen Volumens von Kristalliten und Lücken handeln: anfangs wiegt im unreifen Zahnschmelz das Volum der Lücken vor (1, Fig. 20); mit der zunehmenden Einlagerung von Kalk erreicht das Gefüge das gleiche Volum wie die Lücken (2); dann überwiegt das Gefüge (3, 4), und schließlich schwinden die Lücken völlig (5). Die (bei gleichbleibender Schichtdicke) stetig zunehmende Menge des Hydroxylapatits aber prägt sich in dem Anstieg der negativen Eigendoppelbrechung von 1 bis 5 aus.

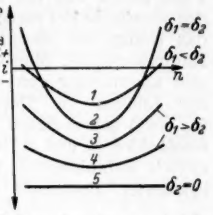


Fig. 20. Änderung der Kurve der Gesamtdoppelbrechung bei von 1—5 fortschreitender Verengerung der Gefügelücken (durch Erfüllung mit weiterer Substanz — Zahnschmelz — oder durch Schrumpfung); $n_a - n_o$ Stärke der Doppelbrechung, n Brechzahl der imbibierenden Flüssigkeit, i Linie der Isotropie. δ_1 Volum des festen, δ_2 des flüssigen Anteiles.

Eine ähnliche Änderung der Doppelbrechung spielt sich ab, wenn die Gefügelücken durch *Schrumpfung* des Gewebes sich verengen: R. S. BEAR, F. O. SCHMITT und I. Z. YOUNG[1] haben einen solchen durch verschiedene Fixierung hervorgerufenen Vorgang am *Axoplasma von Cephalopodennerven* verfolgt, dessen Doppelbrechung aus positiver Form- und Eigendoppelbrechung sich zusammensetzt. Mit zunehmender Schrumpfung entfernt der Fußpunkt der Gesamtdoppelbrechungskurve sich von der Linie der Isotropie, wobei die Durchbiegung der Kurven zunächst ansteigt, dann wieder abnimmt.

Beim *Chitin der Ascariseischale* senkt *Entquellung* durch Austrocknen (Verengerung der Gefügelücken) die Formdoppelbrechung so beträchtlich, daß nunmehr Form- und Eigendoppelbrechung entgegengesetzten Vorzeichens sich kompensieren und das Material fast isotrop wird; beim Befeuchten kehrt die positive Doppelbrechung augenblicklich zurück[2]. Andererseits werden durch Gerbung negativ eigendoppelbrechend gewordene *kollagene Fasern* bei *Quellung* (Benetzung mit Wasser) positiv (Verstärkung der Formdoppelbrechung durch Erweiterung der Gefügelücken), während bei der Entquellung (durch Trocknen oder Alkohol) der entgegengesetzte Vorgang sich abspielt. Bei den *Wachsfäden* mancher Insekten

[1] Nach I. NAGEOTTE (s. Anm. 1, S. 489, links) kommt den geschichteten Lipoidsystemen (Myelinfiguren) auch *negative Formdoppelbrechung* (Lamellardoppelbrechung) zu, die freilich im allgemeinen von der stärkeren Eigendoppelbrechung überkompensiert wird. Nach R. S. BEAR u. F. O. SCHMITT [J. cellul. a. comp. Physiol. 9, 275—286 (1937)] beruht die GÖTHLINSCHE „metatrope Reaktion" (Umkehr der Doppelbrechung „markloser" Nerven durch Glycerin) auf Aufhebung von Formdoppelbrechung, so daß die zuvor überkompensierte Doppelbrechung der geordneten Lipoidkomponente hervortritt.

[1] R. S. BEAR, F. O. SCHMITT u. J. Z. YOUNG, Proc. Roy. Soc. Lond. B **123**, 505—519 (1937).

[2] W. J. SCHMIDT, Z. Zellforsch. **25**, 181—203 (1936).

(positive Form- und negative Eigendoppelbrechung) verschwindet die Formdoppelbrechung durch *Druck*, und die Eigendoppelbrechung entgegengesetzten Vorzeichens kommt zum Vorschein: die Lücken des weichen Materials werden geschlossen[1].

Die im Imbibitionsversuch zutage tretende Eigendoppelbrechung ($n_a - n_o$), berechnet aus dem Quotienten „Gangunterschied : Schichtdicke", ist auf den ganzen Mischkörper, d. h. das *doppelbrechende Gefüge + isotrope Lücken* bezogen. Erfassung der Kurve *maximaler* Formdoppelbrechung (wie bei der Entwicklung des Zahnschmelzes oder verschiedenem Quellungszustand eines Gewebes) erlaubt, das Volum beider Anteile und also auch die Eigendoppelbrechung des *Gefüges allein* anzugeben: die Volumina beider Anteile sind ja in solchem Falle gleich und die *Doppelbrechung des Gefüges* das *Zweifache des obengenannten Wertes*, weil eben das Gefüge im Mischkörper nur die Hälfte des Raumes erfüllt[2]. Man kann aber auch unmittelbar und unabhängig von der jeweiligen Ausdehnung der Lücken die Doppelbrechung des Gefüges ($n_\gamma - n_\alpha$) selbst durch *Bestimmung seiner Hauptbrechzahlen* n_γ und n_α in linearpolarisiertem Licht mittels imbibierender Vergleichsflüssigkeiten von bekannter Brechzahl ermitteln. Aus der Beziehung $n_\gamma - n_\alpha = \frac{\Gamma}{d}$, bzw. $d = \frac{\Gamma}{n_\gamma - n_\alpha}$, worin d die Dicke des *doppelbrechenden* Materials, Γ den Gangunterschied des Mischkörpers bei Aufhebung der Formdoppelbrechung bedeutet, ergibt sich die Doppelbrechung $n_\gamma - n_\alpha$ bzw. die Schichtdicke d des Gefüges selbst.

Änderung von Form- und Eigendoppelbrechung eines Gewebes unter physiologischen Umständen kann auch auf *Änderung der molekularen Struktur* und der *Form* des Gefüges beruhen. So bezieht E. FISCHER[1] seine Beobachtungen am *glatten Rüsselretraktor* von *Phascolosoma* bei Dehnung, isometrischer und isotonischer Kontraktion teils auf die Verkürzung der Fadenmolekeln (Änderung der Eigendoppelbrechung), teils auf die damit zusammengehende Änderung der Anisodiametrie des Gefüges (Formdoppelbrechung). BOZLER und COTTRELL[2], die beim Retraktor von *Helix* während der isometrischen Kontraktion keine Änderung der Doppelbrechung beobachteten trotz beträchtlicher Spannungsänderung, schließen daraus, daß die Doppelbrechung nicht mit Spannungs-, sondern nur mit der Längenänderung zu tun hat. Den Anstieg der Doppelbrechung bei *Dehnung* (unter gleichbleibender Spannung!) beziehen die Genannten auf zunehmende Zahl der *orientierten* Molekeln, so daß also mit wachsender Länge die Menge der kontraktionsfähigen Substanz zunimmt. Und die negative Schwankung der Doppelbrechung des *quergestreiften* Muskels bei isometrischer Kontraktion, die zuletzt v. MURALT[3] in eingehenden Untersuchungen erforscht hat, deuten BOZLER und COTTRELL (a. a. O.) damit, daß die *Q*-Glieder der Fibrillen auch bei einer streng isometrischen Zuckung des ganzen Muskels unter Dehnung der *I*-Glieder sich verkürzen. Aber damit stehen wir in Fragen, deren Bearbeitung noch nicht abgeschlossen ist.

Zusammenfassung.

Nach einem Überblick über die *Gestalt der Molekeln* der am Aufbau von Zell- und Gewebestrukturen beteiligten Proteine, Kohlehydrate und Lipoide werden die *allgemeinen Bauweisen* bei der Verwendung dieser Stoffe erläutert und dargelegt, wie sie in *polarisationsoptischer Analyse* ermittelt werden können.

[1] W. J. SCHMIDT, in ABDERHALDENS Handbuch biologischer Arbeitsmethoden Abt. V, Tl. 10, 435—665 (1934).

[2] Aus diesem Grunde ist der Abstand des Fußpunktes der Kurve 5 (reine Eigendoppelbrechung) in Fig. 20 von der Linie der Isotropie doppelt so groß als der Abstand der Kurve 2 (maximale Formdoppelbrechung).

[1] Cold Spring Harbor Symposia on Quant. Biol. **4**, 214—223 (1936).

[2] J. cellul. a. comp. Physiol. **10**, 165—182 (1937).

[3] Kolloid-Z. **63**, 228—237 (1933).

Kants Beziehungen zur Biologie[1].

Von GERHARD LEHMANN, Berlin.

Daß die kantische Philosophie für die Biologie eine gewisse Bedeutung hat, weiß jeder, der sich mit der Geschichte dieser Wissenschaft und ihren letzten Fragen, die ja eben „philosophische" Fragen sind, beschäftigt. Man sieht diese Bedeutung meist darin, daß KANT den Streit zwischen „Vitalismus" und „Mechanismus" zwar nicht geschlichtet, aber doch in eine andere Bahn gelenkt hat: indem er zeigte, daß es bestimmte *erkenntnistheoretische* Voraussetzungen — Grenzen unseres Naturerkennens — sind, die ihn ebenso notwendig wie resultatlos machen. Diese Voraussetzungen betreffen den Begriff der *Naturzwecke*: KANTS „Philosophie des Organischen" ist verbunden mit einer Kritik der *Naturteleologie*, die von ihm als Kritik der „teleologischen Urteilskraft" durchgeführt wird. Notwendig ist der Vitalismusstreit, weil wir in der Biologie ohne den Begriff einer „absichtlichen Zweckmäßigkeit" nicht auskommen, aber andererseits mit ihm nichts *erklären* können; „erklären" kann nur der Mechanismus. Resultatlos ist er, weil das „übersinnliche Substrat" der Erscheinungen, das uns die Naturteleologie allenfalls anzeigt, unserer Erkenntnis unzugänglich ist.

Viel Nutzen hat offenbar dieser kantische Versuch eines Ausgleichs nicht gehabt. Eine eigentliche „mechanistische" Biologie ist überhaupt erst

[1] Nach einem Vortrage in der Berliner Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaft, Medizin und Technik.

ein halbes Jahrhundert *nach* dem Erscheinen der Kritik der Urteilskraft entstanden; die Biologie zu KANTS Lebzeiten war durchaus vitalistisch, und der ältere Mechanismus hat für die Geschichte der Biologie keine wesentliche Bedeutung. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts sind dann wieder vitalistische Systeme aufgetreten — sogar mit Beziehung auf KANT, auf den sich umgekehrt auch die Mechanisten berufen haben. In beiden Fällen blieb die „erkenntnistheoretische" Wendung KANTS, wenn nicht unverstanden, so doch ziemlich unbeachtet. Man glaubt heute, den Gegensatz von Mechanismus und Vitalismus durch den Ganzheitsbegriff, nicht im Sinne eines in die Natur eingreifenden *übersinnlichen* Ganzheitsfaktors, sondern im Sinne eines Gestaltbegriffs und einer allgemeinen Ordnungsgesetzlichkeit „überwunden" zu haben. Wobei man nicht sieht, daß dieser Ganzheitsbegriff eben derjenige ist, den KANT in der „Analytik" der teleologischen Urteilskraft zur Beschreibung der „organisierten Wesen" selbst verwendet.

Man sollte nicht von einer Wissenschaft verlangen, daß sie ihre Betrachtung mit einer ihr wesensfremden, sei es einer ganz anderen wissenschaftlichen (etwa in der Physik mit einer geisteswissenschaftlichen), sei es einer philosophischen vertauscht. Man *kann* auch gar nicht verlangen, daß z. B. der Biologe Erkenntnistheorie treibt. Nicht einmal, daß er sich DU BOIS REYMONDS „Ignorabimus" oder andere Enthaltsamkeitsmaximen aneignet. Bei dem ersten kommt sowieso nichts heraus. Und das zweite würde die Kraft der Forschung lähmen.

Wir teilen auch heute nicht mehr die lange herrschend gewesene Auffassung, daß KANT nur „Erkenntnistheoretiker" gewesen sei. Natürlich denkt niemand daran, zu bestreiten, daß KANT eine Kritik der reinen Vernunft geschrieben und in ihr die Grenzen rationaler Erkenntnis bestimmt hat. Aber was ein Jahrhundert Kant-Forschung lehrt, ist mindestens dies: daß der Gehalt der kantischen Philosophie einschrumpft, wenn man diese Philosophie als bloße „Erkenntnistheorie" interpretiert, und daß schließlich sogar der Blick für die eigentümlichen *Probleme* KANTS verlorengeht, wenn man sie als bloße Erkenntnisprobleme betrachtet.

Das gilt auch von KANTS Verhältnis zur Biologie. Gewiß ist es ein wichtiger Gedanke der Kritik der Urteilskraft, daß der Begriff einer „Kausalität nach Zwecken" nur ein „subjektiver Grundsatz bloß für die reflektierende Urteilskraft", ein „kritisches Prinzip" der Vernunft, aber nicht „konstitutiv" für die „bestimmende" Urteilskraft, kein „Erkenntnis gründender" Begriff ist, oder wie die Wendungen bei KANT sonst noch lauten. Aber das ist ja nur der Rahmen. Es sagt nichts über den Aufbau, den KANT der Naturteleologie selbst gibt, noch über seine (ganzheitliche) Auffassung vom Wesen der Organismen. Es sagt nicht einmal etwas über die systematischen Probleme der Kritik der Urteilskraft („Gerüstprobleme") und über die sehr merkwürdige Verbindung von Ästhetik und Naturzweckmäßigkeit, die KANT in der dritten Kritik vornimmt.

Mit anderen Worten: KANTS Beziehungen zur Biologie bleiben *unverstanden*, wenn man die Plattheit, daß uns das Wesen des Lebens unerkennbar sei, für das letzte Wort und das Ergebnis der Kritik der Urteilskraft hält. Aber man braucht, aus Widerwillen gegen diesen Agnostizismus, KANT ebensowenig zum „Metaphysiker" zu stempeln. Auch *metaphysische* Behauptungen über Natur und Leben, über den Anteil irgendwelcher „übersinnlicher" Faktoren an unserer „Erscheinung", sind platt und wertlos, weil sie nur unsere diesbezüglichen Wünsche zum Ausdruck bringen — an denen ja kein Mangel ist. Vollends abzulehnen sind solche „Deutungen", die sich mit der Überzeugung verbinden, das Geheimnis von KANTS Naturteleologie liege in seiner „Privatmetaphysik", d. h. in einer Metaphysik, die er auszusprechen sich genierte und die daher nur „zwischen den Zeilen" zu suchen sei.

Fragen wir nach dem *positiven* Gehalt von KANTS Bemühungen um die Biologie, so müssen wir von einem Problem ausgehen, das zunächst kein unmittelbar biologisches ist: von der Frage nach dem Sinn und Wesen der *Technik*. Davon geht KANT selber aus, und seine Naturteleologie ist nichts anderes als die Anwendung technisch-praktischer Prinzipien auf die Natur. Wo *wir* uns Zwecke setzen, spricht KANT teils von *technisch-praktischer*, teils von *moralisch-praktischer* Vernunft — letzteres dann, wenn die Zwecke zugleich geboten, uns als Vernunftgesetz auferlegt sind. Wo die *Natur* sich Zwecke setzt, spricht KANT allgemein von *Technik der Natur*, im besonderen von „absichtlicher" (intentionaler) Naturtechnik.

Da haben wir es ja! wird man sagen. Wenn einer das Technische an den Lebewesen in den Vordergrund stellt, ist er offener oder verkappter Mechanist. *Biotechnik* — dieser Begriff FRANCÉS hat sich ja heute als Bezeichnung der „technischen" Seite der Lebewesen eingebürgert — ist eben nicht *Biologie*. Indessen, wir meinten, KANT sei von dem *Problem* der Technik ausgegangen, nicht von gang und gäben Vorstellungen über das „Technische". Und wenn man die Lebensapparatur „technisch" nennt, um sie dann mechanistisch zu erklären, so bestimmt man das Wesen der Technik von der Maschine aus. Das ist aber nicht zureichend. Das Wesen der Technik ist die Erfindung; primär ist alle Technik *Inventionstechnik*.

Und Erfindung ist Funktion der produktiven *Einbildungskraft* — ein Grundbegriff der kantischen Philosophie. Diese Einbildungskraft gehört zu aller *Erkenntnis*, nämlich als „schematisierende" Einbildungskraft, die nach KANT Voraussetzung für die „Anwendung" von reinen Begriffen (Kategorien) auf „Erscheinungen" ist. Sie gehört zu aller *künstlerischen* Produktion: die schaffende Einbildungskraft des Genies „bildet" das Kunstwerk als Analogon des Lebens. Sie gehört auch zu

aller *Technik der Natur*, insofern die Natur hier selbst als bildend, erfindend aufgefaßt (natura naturans) und die organische Kraft als plastische oder „bildende Kraft" bestimmt wird.

Die Maschine ist also Funktion, nicht Wesen der Technik. Die organischen Körper sind als „natürliche Maschinen" Funktion der Naturtechnik. Sie setzen, wie unsere menschliche Technik, ein produktives Vermögen, eine „sich fortpflanzende bildende Kraft, welche durch das Bewegungsvermögen allein (den Mechanismus) nicht erklärt werden kann", voraus. Ja, und da haben wir den Vitalismus! wird man jetzt sagen. Denn diese bildende Kraft (BLUMENBACHS nisus formativus) ist ja die alte „Lebenskraft". Und es scheint, daß KANT sich selbst in den Schlingen seiner „Dialektik der teleologischen Urteilskraft" verfangen hätte.

Aber es gibt hier noch ein paar Kleinigkeiten, die man nicht übersehen soll. Die Einbildungskraft ist eine blinde, nicht ihrerseits schon zwecksetzende Tätigkeit der Seele. Die Zweckmäßigkeit der Natur ist eine Zweckmäßigkeit ohne „Zweck". Wie sollte auch die Natur *Absichten* haben. Die hat nur der Mensch oder ein göttliches Wesen, das „natürliche Maschinen" baut. Einen *solchen* „Technizismus" der Natur lehnt KANT auch dort ab, wo er von „absichtlicher" Naturtechnik spricht. In solchen Fällen beurteilen *wir* die Natur nach *unseren* Zwecksetzungen. Das ist notwendig, aber zugleich ein Mangel unserer Organisation. Hätten wir einen „urbildlichen", ganz-schauenden Verstand, so brauchten wir keine Beziehung unserer „Vernunft" auf Zweck*vorstellungen* bei der Beurteilung der Lebewesen. Und wenn KANT BLUMENBACHS Vitalismus übernimmt, so ist das nur ein Durchgangspunkt: für KANT kommt es *nicht* darauf an, immaterielle Wirkfaktoren in die Natur einzuführen, sondern es kommt ihm darauf an, die Beziehung der Naturdinge als Ganze einerseits auf das Ganze (der Natur) als System, andererseits auf die Einbildungskraft als Analogon eines ganz-schauenden Verstandes, zu erhalten.

Geht man dieser Absicht weiter nach, so kommt man auf sehr merkwürdige Dinge: die organische Region ist bei KANT nicht eigentlich ein besonderer *Bezirk* der Natur (neben der anorganischen Region), sondern sie ist sozusagen das Exempel, der *Typus* für diejenige Systematik der Natur, die KANT als Systematik des *Besonderen* überhaupt bezeichnet. Das Besondere, Individuelle *im* System denken, heißt, es *als* System denken. Die Lebewesen sind die exemplarischen Systeme im „System". Aber auch die anderen Naturdinge sind „Systeme im System", soweit sie natürliche *Individuen* sind. Wir haben nur ein sehr viel geringeres Interesse an anorganischen als an organischen „Gestalten" und wir haben auch nicht die Denkmittel zur Bestimmung einer *anorganischen* Naturtechnik. Wir haben zwar allgemeine Begriffe a priori zur Bestimmung von Naturgesetzlichkeit überhaupt. Und wir haben eine empirische Physik. Aber etwas der teleologischen Ableitung Vergleichbares haben wir für anorganische Systeme nicht.

Wir müßten uns diese Denkmittel erst schaffen. Wir müßten einen Begriff in die Physik einführen, der der „Lebenskraft" der Organismen entspricht. Und wir müßten von hier aus den physischen Mechanismus in analoger Weise als *Technizismus* der Natur bestimmen wie im Bereich organisierter Wesen. Diesen Begriff nennt KANT *Äther*. Die der Lebenskraft vergleichbare Kraft des Äthers nennt er *ursprünglich-bewegende* Kraft. Die auf den Ätherbegriff begründete „Physik" nennt er *Elementar-* bzw. *Weltsystem der* Materie (Topik der lebendigen Kräfte) und trennt sie als „Übergangswissenschaft" von der empirischen Physik als Erfahrungswissenschaft.

Erst so würde die Idee einer *Technik der Natur* realisiert. Und zwar „realisiert" als Entwurf der reflektierenden Urteilskraft, d. h. als ein von uns erdachtes Schema zur Bestimmung des Besonderen, der natürlichen Individuation. Aber solch ein Schema einfach „erdenken" — hat das noch irgendeinen Wert für die Erkenntnis? Nimmt nicht der rein subjektive Ursprung des Begriffs der Naturtechnik seiner Anwendung jede objektive Bedeutung?

Damit stehen wir an dem entscheidenden Punkte für das Verständnis von KANTS Beziehungen zur Biologie, dem letzten Punkte, auf den wir hier noch eingehen können. Die allgemeine Gesetzlichkeit (Nomothetik) der Natur ist a priori erkennbar, weil sie das Werk unseres Verstandes ist. Die Systematik des Besonderen aber ist für den reinen Verstand zufällig. Ihre Idee kann uns nur daraus erwachsen, daß wir uns als selbst individualisierte Wesen in der Welt des Besonderen an Hand unserer *Reaktionen* (Wahrnehmungen) zurechtfinden. Unsere Umwelt „paßt" zu uns: Diese „Korrespondenz" nennt KANT *zweckmäßig*, weil sie sich mit unserer „Technik der Urteilskraft" deckt. Technisch verfahrend, stoßen wir auf ein „Materiale", genau so wie wir erkennend auf einen Gegenstand stoßen, den wir denkend bestimmen. Nur: die Erkenntnis greift nicht handelnd in die Gegenstände ein. Die Technik dagegen *wirkt* auf ihr „Materiale". Sie „erfährt" dabei etwas —, nämlich eben die Einwirkungen der Materie auf unsere (psychophysische) Organisation. KANT macht nun die kühne Voraussetzung, daß die Akte, mit denen wir auf die Materie wirken, und die bewegenden Kräfte der Materie, deren Einwirkung wir erfahren, *formal identisch* sind. Das kann man je nachdem idealistisch oder realistisch auffassen; es kommt auf den einfachen Gedanken hinaus: daß uns die „Ganzheitlichkeit" der physikalischen Region durch unseren technischen Umgang mit ihr verbürgt ist.

Wir haben einige Gedanken KANTS anzudeuten versucht, die vielen sonderbar und gar nicht kantisch vorkommen werden. Wir sind auf ihren Zusammenhang gestoßen bei der Aufgabe, KANTS Denken um 1800, wie es im *Nachlaßwerk* seinen Ausdruck gefunden hat, mit den Gedanken der

letzten Druckschriften KANTS, insbesondere der „Kritik der Urteilskraft" von 1790, zu verbinden. Wir wissen, daß die Aufarbeitung dieser Andeutungen eine schwierige, aber auch lohnende Aufgabe ist. Lohnend, weil sich dabei zeigen würde, daß der systematische Ort für KANTS Philosophie des Organischen wie auch für seine Ätherphysik eine *Kritik der technischen Vernunft* ist, deren Idee in der Kritik der Urteilskraft selbst eher verdeckt als entwickelt ist.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Neue Versuche über Thixotropie.

Die Erscheinung der Thixotropie, die 1923 von SZEGVARI und SCHALECK an konzentrierten GRAHAMschen Eisenoxydsolen gefunden wurde, ist später auch an vielen anderen Solen und Suspensionen beobachtet worden.

Wir verstehen unter Thixotropie die Erscheinung, daß in einem submikroskopischen oder mikroskopischen System fest-flüssig Änderungen der physikalischen Eigenschaften lediglich durch mechanische Beanspruchung auftreten; hört die mechanische Beanspruchung auf, so wird nach einer gewissen Zeit der Ausgangszustand wieder erreicht. Zur Untersuchung wurden Pulver bestimmter Korngrößen in einem Probierglächen von 8 mm lichter Weite mit wechselnden Mengen Flüssigkeit versetzt. Den Grad der Thixotropie ergibt das Verhältnis Volumen flüssig : Volumen fest, bei dem das System nach einer Minute Ruhe beim Umkehren des Gläschens gerade noch keine Fließbewegung zeigt, während es beim Schütteln und Rühren flüssig ist. Es wurde also nicht, wie sonst üblich, die Erstarrungszeit gemessen, sondern mit einer gleichbleibenden Erstarrungszeit gearbeitet.

Dieses Verfahren ergab nun, daß in *Wasser* alle diejenigen Teilchen Thixotropie zeigen, die blättchen- oder stäbchenförmig gebaut sind. Von diesen wurden untersucht: Kaolin, Halloysit, Metahalloysit, Muskowit, Glaukonit, Graphit, Molybdänglanz und Tremolit im mikroskopischen Größenbereich. Auch von einigen bekannten thixotropen Solen weiß man, daß die Teilchen Stäbchen- oder Blättchenform besitzen. Die nahezu isometrischen Teilchen von Quarz-, Feldspat- und Flußspatpulver zeigen dagegen keine Thixotropie.

Die Thixotropie ist um so stärker, je feiner die Korngröße ist; bei den feinen Korngrößen ist die Beziehung linear. Elektrolyte sind nicht notwendig; ihr Einfluß ist verschieden und folgt nicht der von der Koagulation her bekannten Reihenfolge.

Die Thixotropie tritt nicht nur in wässerigen Lösungen auf, sondern auch in allen bisher untersuchten *organischen Flüssigkeiten* und kann hier sogar höhere Werte als in Wasser erreichen. Das macht sich auch darin bemerkbar, daß Pulver von Quarz, Feldspat und Flußspat, ja sogar Pulver von Fensterglas und Quarzglas mit einem Durchmesser von etwa 1—6 μ in Benzol Thixotropie zeigen. *Man wird aus diesen Versuchen schließen dürfen, daß jede Substanz bei hinreichend kleiner Korngröße in geeigneten Flüssigkeiten Thixotropie zeigt.*

Durch diese Versuche sind Vorstellungen, die die Thixotropie z. B. mit der Quellung, in Analogie zu dem Verhalten des gut thixotropen Bentonitminerals Montmorillonit, in Verbindung bringen wollten, unhaltbar geworden. Der enge Zusammenhang der Thixotropie mit der *Plastizität* zeigt sich darin, daß z. B. Quarzpulver (Dörentrup Nr. 12) in Benzol deutlich plastisch ist.

Über die Einzelheiten wird H. WINKLER demnächst an anderer Stelle berichten.

Rostock, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, den 24. Juli 1938.

CARL W. CORRENS. HELMUT G. F. WINKLER.

Über das System Indium—Blei.

Im Jahre 1906 haben KURNAKOW und PUSCHIN[1] einige Legierungen des Systems Blei—Indium durch Aufnahme von Erstarrungskurven untersucht. Sie sind dabei zu dem Schluß gekommen, daß die beiden Komponenten eine ununterbrochene Reihe von Mischkristallen bilden. Die Messungen des elektrischen Widerstandes[2] bis zu tiefen Temperaturen[1] und der Supraleitfähigkeit[1] sprechen nicht gegen diese Annahme. Sie ist aber unwahrscheinlich — worauf auch HANSEN[3] aufmerksam gemacht hat —, weil die Komponenten in verschiedenen Kristallsystemen kristallisieren: Blei *kubisch*-flächenzentriert, Indium *tetragonal*-flächenzentriert. Wir haben es daher unternommen, obengenannte Arbeit an einer Reihe von im Vakuum geschmolzenen und erstarrenden Pb-In-Legierungen nachzuprüfen. Dabei konnte sich in der Tat nachweisen lassen, daß bei Gehalten von rund 20 Atomproz. Pb und mehr bei einer um 15° über dem In-Schmelzpunkt gelegenen Temperatur eine Kristallart ausfällt, in der 6 Pb-Atome auf 26 In-Atome kommen. Die röntgenographische Untersuchung der Struktur der Legierungen mit verschiedenen Pb-Gehalten bestätigte den durch die thermische Analyse erhaltenen Befund. Während reines In und In mit wenig Atomproz. Pb ein flächenzentriert-tetragonales Gitter mit $c/a = 1{,}08$ besitzt, tritt schon bei einem Gehalt von rund 10 Atomproz. Pb ein zweites flächenzentriert-tetragonales Gitter mit $c/a = 0{,}94$ hervor, das bei einem Gehalt von rund 15 % Pb bereits stark überwiegt und bei 20 % Pb nur noch allein erkennbar ist. Bei 27 Atomproz. Pb erscheint daneben das Pb-Gitter mit einer Konstanten, die 2 % kleiner ist als die des reinen Pb. Mit wachsendem Pb-Gehalt tritt das Pb-Gitter mehr hervor; von 35 Atomproz. Pb ist es nur noch allein beobachtbar; die Gitterkonstante wächst mit zunehmendem Gehalt.

Eine ausführliche Veröffentlichung folgt an anderer Stelle.

Clausthal-Zellerfeld, Physikalisches Institut der Bergakademie Clausthal, den 27. Juli 1938.

S. VALENTINER. A. HABERSTROH.

Die Wellenlängenabhängigkeit des Kernphotoeffekts nach Messungen an Brom und Kupfer.

In Fortsetzung der kürzlich mitgeteilten Versuche[3] haben wir auch Brom durch die γ-Strahlen von Bor + Proton umwandeln können; wir erhielten dieselben drei radioaktiven Bromisotope wie früher mit der γ-Strahlung aus Lithium + Proton. Besonders interessieren hierbei die beiden Isomere Br^{80}. Bestrahlt man bis zur Sättigung, so ist das Verhältnis der Aktivitäten Br^{80} (18 min) : Br^{80} (4,5 h) = 0,9 mit der Li-Strahlung, dagegen 2,6 mit der B-Strahlung. Dies ist mit die größte Änderung eines Aktivierungsverhältnisses, die wir bei den bisher untersuchten Stoffen fanden.

Am Kupfer haben wir einen Vergleich der Wirkungsquerschnitte für die beiden Strahlungen vorgenommen, indem in beiden Fällen die primäre γ- und die erzeugte β-Intensität mit Zählrohren gemessen wurden. Mit Berücksichtigung der Unwirksamkeit der 4,3 eMV-Komponente in der B-Strahlung, sowie der spektralen Empfindlichkeit des γ-Zählrohres ergab sich, daß der Wirkungsquerschnitt für die Li-Strahlung etwa 2,3mal größer ist als für die B-Strahlung. Nach den früher angegebenen Relativausbeuten der anderen Elemente dürfte also im allgemeinen der Wirkungsquerschnitt für 17 eMV-Strahlung größer sein als für 12 eMV-Strahlung (außer vielleicht bei Ag^{108}). Die Genauigkeit solcher Aussagen wird durch die Unsicherheit bezüglich der spektralen Zusammensetzung der beiden γ-Strahlungen beeinträchtigt.

Heidelberg, Institut für Physik am Kaiser Wilhelm-Institut für Medizinische Forschung, den 28. Juli 1938.

W. BOTHE. W. GENTNER.

---

[1] N. S. KURNAKOW u. N. A. PUSCHIN, Z. anorg. u. allg. Chem. **52**, 430 (1907).

[2] N. S. KURNAKOW u. S. F. ZEMCZUZNY, Z. anorg. u. allg. Chem. **64**, 149 (1909).

[1] W. MEISSNER, H. FRANZ u. H. WESTERHOFF, Ann. Physik **13**, 503 (1932) — vgl. auch C. BENEDICKS, Z. Metallkunde **25**, 199 (1933).

M. HANSEN, Der Aufbau der Zweistofflegierungen. Berlin: Julius Springer 1936.

[3] W. GENTNER u. W. BOTHE, Naturwiss. **26**, H. 30 (1938).

Besprechungen.

Gesammelte Vorträge der Hauptversammlung 1937 der Lilienthal-Gesellschaft für Luftfahrtforschung. Berlin: E. S. Mittler & Sohn 1938. 376 S. 20 cm × 30 cm. Preis kart. RM 18.—.

Diese von der Lilienthalgesellschaft für Luftfahrtforschung herausgegebene Vortragssammlung gibt den Teilnehmern der Hauptversammlung in München Gelegenheit, sich näher mit den vorgetragenen Gegenständen zu beschäftigen und gibt allen denen, die nicht an der Tagung teilnehmen konnten, die Möglichkeit, sich über den heutigen Stand der Entwicklung zu unterrichten.

Am Beginn der Tagung standen allgemein interessierende Vorträge, die in großen Übersichten die heutige Lage aufzeigten und die eingeleitet wurden durch den Beitrag von Dr. C. Krauch vom Amt für Deutsche Roh- und Werkstoffe, welcher auf die Leistung der Forschung im Rahmen des Vierjahresplanes einging und zeigte, wie, aufbauend auf den wissenschaftlichen Ergebnissen früherer Zeiten und neueren, durch den Vierjahresplan veranlaßten umfangreicheren Forschungsarbeiten, der Weg zur Lösung der Rohstofffrage gefunden wurde. Sodann berichtete Prof. Dieckmann über die elektrischen Untersuchungen, die zur Klärung der Hindenburgkatastrophe durchgeführt sind und die das Ergebnis zeitigten, daß durch das gleichzeitige Zusammentreffen von fünf der ungünstigsten Umstände (zündfähiges Gemisch unter dem First des hinteren Luftschiffteiles; Feuchtigkeit; großes Potentialgefälle; Nachgewitter; nasse leitende Halteseile) die Katastrophe eintreten konnte. Flieger-Oberstabsingenieur Hucke machte interessante Ausführungen über die Entwicklung des Blindfluges und die heute gebräuchlichen Verfahren, woran Freiherr von Gablenz einige Bemerkungen zum Schlechtwetterflug schloß, die betonten, daß eine vollautomatische Steuerung, die allen Ansprüchen genügt, heute noch nicht betriebsreif ist und daß auch die heute verfügbaren Peilverfahren die Eigen- und Fremdpeilung (s. u.) noch nicht unter allen Umständen zulassen, obwohl in letzter Zeit bedeutende Fortschritte in dieser Hinsicht gemacht worden sind.

Neben den berufenen deutschen Persönlichkeiten teilten auch hervorragende Vertreter des Auslandes ihre Erfahrungen mit. So brachte Oberstleutnant M. Pezzi, Guidonia-Italien, interessante Beiträge zum Problem des Höhenfluges, wobei er sowohl auf Erfahrungen mit der Art des Flugzeuges, der Steuerung, der Motoren, Luftschrauben und Bordgeräte als auch auf meteorologische und besonders physiologische Beobachtungen zu sprechen kam. Letztere leiteten über zu dem Vortrag von Prof. H. Rein, Universität Göttingen, über den Wert physiologischer Arbeiten auf Höhenexpeditionen. — Besonders stark im Vordergrund steht heute das Problem des Langstreckenflugzeuges für den Nordatlantikverkehr, womit sich Prof. J. C. Hunsaker vom Massachusetts-Institute of Technology, Cambridge USA., eingehend befaßte. Ob bei künftigen Atlantiküberquerungen ohne Zwischenlandungen — diese dienen nur als vorläufiges Hilfsmittel — dem Landflugzeug oder dem Flugboot der Vorzug zu geben ist, entscheidet sich zugunsten des Flugboots, da die Entwicklung auf höhere Flächenbelastung hinweist und das Flugboot praktisch unabhängig von der Flächenbelastung starten kann, weil meist sein Startweg weniger begrenzt ist. — Mit den hohen Anforderungen, die so an das Flugwerk gestellt werden, mehren sich auch die Aufgaben, die die Triebwerkforschung durchzuführen hat. Über einige Fragen der Flugmotorenentwicklung trugen vor: Dr. D. R. Pye, Direktor der Forschungsabteilung im englischen Luftfahrtministerium, London, und H. R. Ricardo von den Bridge-Works, Sussex (England). Die Leistung der Zündermotoren war bis vor kurzem durch die Erscheinung des Klopfens begrenzt. Gerade hier ist in den letzten Jahren durch die Fortschritte in der Herstellung hochwertiger Kraftstoffe viel geleistet worden. Ebenso wichtig ist aber die Weiterentwicklung zu verbesserten Werkstoffen, die den schärferen Bedingungen der Wärmeableitung und der mechanischen Belastung sicher zu begegenen vermögen. Das kritische Problem des Gleitens ohne Fressen würde wesentlich gefördert, wenn eine bessere Kenntnis der Oberflächenstruktur erzielt werden könnte. Bisher hatte man sich ganz auf den vorhandenen Ölfilm verlassen, doch bietet die Viskosität des Öles bei den wachsenden Temperaturen immer weniger Schutz gegen die Auswirkungen der metallischen Berührung. Die Entwicklung zu Flugmotoren höherer Leistung verlangt eine Weiterentwicklung der Luftschrauben zu größeren und mehrflügeligen Typen hin, die für 2000 PS und mehr leistende Motoreinheiten in Frage kommen. Hierüber sprach der technische Leiter der Hamilton Standard Propellers, East Hartford Connect. USA., F. W. Caldwell. Sein Vortrag brachte neben verschiedenen Entwurfsplänen ausführlich die Mittel zur Sprache, die man anwenden kann, um diese großen Luftschrauben gegen unerwünschte Schwingungserregung zu schützen, zeigte aber auch die großen Schwierigkeiten, die diese Aufgabe bietet. — Mit dem Vortrag von Prof. Zenneck, München, der eine Einführung in die Aufgaben des Flugfunks gab, und einer umfangreichen Übersicht über neue luftfahrtwissenschaftliche Arbeiten in Italien von Prof. Pistolesi, Universität Pisa, schließt die erste Gruppe der allgemein interessierenden Vorträge ab.

Daran anschließend gibt das Buch die Vorträge wieder, die in den Fachgruppen: Flugzeugbau, Flugmotorenbau und Flugfunkwesen, nebeneinander gehalten wurden. Es würde den Umfang dieser Übersicht überschreiten, wollte man hier auf alle einzelnen Teilgebiete der drei Fachrichtungen näher eingehen. Nur einige wesentliche Ergebnisse seien noch herausgestellt. Die letzten Jahre haben der experimentellen areodynamischen Forschung mit dem Bau von Riesenwindkanälen wertvolle Hilfsmittel gebracht. Diese Entwicklung scheint heute ziemlich abgeschlossen zu sein. Mit ihr gewachsen sind aber die Schwierigkeiten der Handhabung dieser ausgedehnten Versuchseinrichtungen, so daß Prof. Betz von der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen die Frage aufwirft, welche Möglichkeiten der Forschungsarbeit für die Zukunft gegeben sind. Solche bieten sich im weiteren Ausbau der Sonder- und Hilfseinrichtungen für den Modellversuch, in der Weiterentwicklung des Flugversuchs und besonders durch stärkere Heranziehung der Theorie zur Lösung von gewissen Teilaufgaben eines größeren Aufgabenbereiches. Weitere Vorträge der Fachgruppe Flugzeugbau befaßten sich mit der Frage der gegenseitigen Beeinflussung von Tragflügelsystemen, mit systematischen Profiluntersuchungen, mit dem Problem der schräg abgeblasenen Luftschraube und vielen anderen Tagesfragen. — In der Fachgruppe Flugmotorenbau teilten Industrie und Forschungsanstalten wichtige Ergebnisse mit über die Entwicklung von Dieselmotoren für Luftschiffe und Flugzeuge, über die heute mögliche Belastung von Flugmotorenkurbelwellen und über die Kühlung

und Verbrennungsvorgänge bei Sternmotoren. Als Ergebnis zur Frage der Energieumsetzung im Kühler sei erwähnt, daß sich heute eine allgemeine Kühlertheorie aufbauen läßt, die mit Hilfe des Druck-Geschwindigkeitsdiagramms das Verhalten eines Kühlers am Flugzeug zu behandeln gestattet. Durch den Versuch hat dazu nur die Bestimmung einer Konstanten des Kühlerblocksystems zu geschehen, die den Zusammenhang zwischen Wärmeübergang und Druckabfall enthält. — In der Fachgruppe Flugfunkwesen wurden Vor- und Nachteile der verschiedenen Peilverfahren dargelegt. Der Ort des Flugzeuges bezüglich zweier oder mehrerer Bodenstationen wird beim Eigenpeilverfahren vom Flugzeug selbst festgestellt. Dieses Verfahren verursacht jedoch gewisse Schwierigkeiten durch die beobachtete Verzerrung der von den Bodenstationen ankommenden Wellen. Die dadurch hervorgerufenen Fehler sind abhängig von der Lage des Flugzeuges zu den Wellen. Bei Fremdpeilung, bei welcher die Bodenstationen den Ort des Flugzeuges feststellen, indem sie die vom Flugzeugsender ausgestrahlten Zeichen anpeilen, kann man Verzerrungen vermeiden, wenn man die Bodenstationen so wählt, daß keine größeren metallischen Leiter (Flugzeughallen) in ihrer Nähe liegen. Dagegen macht sich der Dämmerungs- oder Nachteffekt sehr störend bemerkbar. Die vom Flugzeugsender ausgehenden Wellen gelangen nämlich auf zwei Wegen zu den Empfängern der Bodenstationen: einmal auf dem direkten Wege (Bodenwelle), zum anderen über die ionisierten Schichten der Atmosphäre, die in etwa 100—300 km Höhe liegen (Luftwelle). Die Fehlanzeige entsteht nun dadurch, daß das elektrische Feld der reflektierten Luftwelle nicht mehr senkrecht zur Erdoberfläche steht, während das Peilverfahren diese Eigenschaft zur Voraussetzung macht. Wie man diesen Erscheinungen begegnen kann, wurde in den Vorträgen dieser Fachgruppe gezeigt.

Der Rahmen einer Besprechung erlaubt leider nicht, auf alle die speziell behandelten Probleme näher einzugehen. Der Fachmann wird sicher gern das durch diese Vortragssammlung gebotene Material ausschöpfen, und dem allgemeiner interessierten Leser wird ein guter Überblick über die zur Zeit in Entwicklung begriffenen Arbeiten auf dem Gebiete der Luftfahrtforschung und Technik gegeben.

F. Riegels, Göttingen.

TAMS, E., **Grundzüge der physikalischen Verhältnisse der festen Erde.** 2. Teil: Die endogenen Bewegungsvorgänge und ihre Äußerungen. Geologischer Bau und Erdmagnetismus. Berlin: Gebrüder Borntraeger 1937. VIII, 193 S., 21 Abbild. und 4 Tafeln. 17 cm × 26 cm. Preis brosch. RM 16.—.

Dieser zweite Teil schließt sich an den im Jahre 1932 erschienenen ersten Teil an, der sich mit der Größe, Gestalt und Konstitution der Erde, ihren thermischen und gravimetrischen Verhältnissen befaßt. Hier hat es sich im wesentlichen um Größen gehandelt, die einer genauen Messung zugänglich sind, um Theorien, die noch mathematisch bewältigt werden können. Die Resultate sind vergleichsweise sicher. Der erste Abschnitt des zweiten Teiles behandelt die endogenen Bewegungsvorgänge, die durch Wärmewirkung, durch Polflucht und Polbewegung, endlich durch Unterströmungen herbeigeführt werden. Wie sich die inneren Vorgänge an der Oberfläche äußern, zeigt der zweite Abschnitt, der von Vulkanismus und Erdbeben und von den Niveauverschiebungen (Transgressionen und Regressionen) handelt. Der letzte Abschnitt betrifft den Zusammenhang zwischen dem geologischen Bau und dem Erdmagnetismus. Handelt also der erste Teil des Buches im wesentlichen von statischen Zuständen, so treten in dem zweiten Zeil die Bewegungsvorgänge in den Vordergrund, und sofort lassen sich die viel größeren Schwierigkeiten erkennen, welche die hier auftretenden Probleme der Lösung entgegensetzen. Handelt es sich hier doch um die Anwendung der im physikalischen Laboratorium gefundenen Gesetze auf die ungeheuren Dimensionen der Erde, auf Vorgänge, die wir nie gesehen haben, und auf Zustände, die wir nicht kennen. Für den Autor, der nicht nur die beiden Wissenschaften Geophysik und Geologie, sondern auch die Physik vollkommen beherrschen muß, erwächst die schwierige Aufgabe, die Fülle der Arbeiten und die zahllosen Gesichtspunkte, nach welchen die geologischen Vorgänge betrachtet wurden, kritisch zu sichten und schließlich eine Ansicht als die wahrscheinlichste hinzustellen. Dabei muß das Buch so gefaßt sein, daß der Geologe, der keine tiefere physikalische Vorbildung hat, diesen Mangel nicht fühlt und andererseits der Geophysiker, der kein Geologe ist, auf jene Punkte aufmerksam gemacht wird, wo in Zukunft der Hebel anzusetzen sein wird. Die Lösung dieser Aufgabe ist dem Autor in vorbildlicher Weise gelungen, und er kann des Dankes seines Leserkreises sicher sein.

A. Prey, Wien.

LUDWIG, WILHELM, **Faktorenkoppelung und Faktorenaustausch bei normalem und aberrantem Chromosomenbestand.** (Aus der Sammlung: Probleme der theoretischen und angewandten Genetik und deren Grenzgebiete.) Leipzig: G. Thieme 1938. 245 S. und 74 Abbild. 13 cm × 21 cm. Preis kart. RM. 11.—.

Experimentell-genetische Untersuchungen mit ihren statistisch-mathematischen Methoden und cytologische Beobachtungen haben in Zusammenarbeit von Forschern aller Länder den Übertragungsmechanismus der Erbfaktoren in einem Grade aufgeklärt und mit einem so umfassenden Tatsachenmaterial unterlegt, daß eine eigene Teilwissenschaft entstanden ist, die von Zeit zu Zeit dringend der Zusammenfassung bedarf. Seiner Neigung entsprechend hat Ludwig eine solche Übersicht von der mathematischen Seite her gegeben und die cytologischen Beweise nachträglich zur Vervollständigung des erschlossenen Bildes den einzelnen Stufen seiner Ableitung angefügt. Dem Ref. will scheinen, daß der umgekehrte Weg dem Leser leichter würde. Im einzelnen sind, ausgehend von den einfachsten Gesetzmäßigkeiten der Mendel-Spaltung, die Koppelung der Erbfaktoren, die Koppelungsdurchbrechung (Crossing-over) und ihre Variabilität unter verschiedenen Außenbedingungen und bei geändertem Chromosomenbestand (Chromosomenmutationen, Chromosomenvermehrung), die Genkarten sowie die Genkurven des Verf. ausführlich behandelt. Es ist Ludwig gelungen, bei mäßigem Umfang eine dem willigen Leser gut verständliche Darstellung zu geben, die sich durchaus nicht scheut, bis zu den heute bearbeiteten Fragen vorzustoßen. Auch dem Nichtmathematiker ist der Weg dadurch geebnet, daß die mathematischen Ableitungen in Kleindruck gesetzt sind und, ohne das Verständnis zu unterbinden, übergangen werden können. Mancher, darunter der Ref., wird es als Schönheitsfehler empfinden, daß die Formulierungen an einigen Stellen recht teleologisch klingen, doch ist das, wie auch die gelegentlichen Druck- und Ausdrucksfehler, unwesentlich gegenüber dem Nutzen des Buches, das hoffentlich dazu beiträgt, den deutschen Nachwuchs für ein Forschungsgebiet zu gewinnen, auf dem wir ganz in das Hintertreffen geraten sind, von dessen Bearbeitung jedoch nur der Aberglaube abhält, es wäre unmöglich, hier den Vorsprung der ausländischen Forschung wieder einzuholen.

H. Bauer, Berlin-Dahlem.

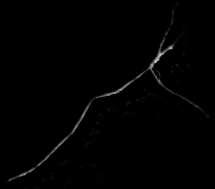
KUHN, KARL, **Die Pflanzengesellschaften im Neckargebiet der Schwäbischen Alb.** (Herausgegeben von der Württemberg. Landesstelle f. Naturschutz u. d. Ver. f. vaterländ. Naturkde. in Württemberg.) Öhringen: Hohenlohesche Buchhandlung Ferdinand Rau 1937. 340 S. und 32 Abbild. 15 cm × 22 cm. Preis kart. RM 5.40.

Das umfangreiche Buch, das die Pflanzengesellschaften des nordwestlichen Steilhanges der Alb vornehmlich im Gebiet der Balinger Berge, der Zollernalb sowie der Reutlinger und Uracher Alb, doch teilweise im Südwesten und Nordosten auch noch darüber hinausgreifend und so sich über einen Bereich von rund 100 km Länge und durchschnittlich 10 km Breite erstreckend behandelt, kann als ein weiteres erfreuliches Zeichen für den auch gerade seitens der Naturschutzbewegung stark geförderten Aufschwung begrüßt werden, den die in früherer Zeit stark vernachlässigte Beschäftigung mit der heimischen Pflanzenwelt als Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung in der Gegenwart erfahren hat. Unter den auf diese Weise entstandenen Vegetationsmonographien engerer Gebiete zeichnet sich die vorliegende durch die mustergültige Gründlichkeit der ihr zugrunde liegenden Untersuchungen aus; wertvoll ist auch, daß in den die floristische Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzengesellschaften zur Darstellung bringenden Tabellen durchweg die Einzelaufnahmen wiedergegeben sind und Verf. sich nicht mit einer diese summarisch zusammenfassenden Liste begnügt. Hervorgehoben sei auch, daß Verf. sich keineswegs auf die rein floristisch-soziologische Seite beschränkt, sondern stets auch die ökologischen Zusammenhänge, unter denen im Gebiet naturgemäß die Bodenverhältnisse an erster Stelle stehen, eingehend schildert und auch die Fragen nach der Entstehung und Entwicklung der Gesellschaften nicht außer acht läßt; ebenso werden auch gegebenenfalls Vergleiche mit verwandten, aus anderen Gebieten beschriebenen Gesellschaften gezogen, und es werden ferner, z. B. bei der Behandlung der Wiesen, der Schafweiden und der Wälder, auch vielfach Fragen berührt, denen neben ihrem wissenschaftlichen Interesse auch Bedeutung für die praktische Land- und Forstwirtschaft zukommt. Auf die näheren Einzelheiten kann hier nicht wohl eingegangen werden; doch seien immerhin die Schilderung der Gesellschaften der Felsspalten, Felsflächen und Schutthalden, sowie die sehr ausführliche Darstellung der *Bromus erectus*-Gesellschaften und der Buchenwälder als Abschnitte hervorgehoben, die sowohl für das Gebiet besonders charakteristische als auch in mehrfacher Hinsicht allgemeineres Interesse bietende Züge des Vegetationsbildes behandeln. Mitunter entsteht hier allerdings der Eindruck, als ob der Verf. in der Aufspaltung in Subassoziationen etwas weit gegangen sei; doch läßt sich darüber ohne eine auf eigener Anschauung beruhende genauere Kenntnis des Gebietes nur schwer ein sicheres Urteil abgeben. Auch ist nicht zu verkennen, daß durch ein solches Verfahren die Kenntnis der Einzelheiten des Baues der Pflanzendecke vertieft wird, und daß anderseits auch die vom Verf. bei der Begrenzung der Assoziationen konsequent befolgte BRAUN-BLANQUETsche Methode der gesellschaftstreuen Charakterarten leicht auf einen solchen Weg führt. Daß diese Methode bei der Behandlung der Pflanzengesellschaften eines engeren Gebietes gute Dienste leistet, wird auch durch die vorliegende Arbeit bewiesen; auf der anderen Seite bekennt aber Verf. selbst, daß eine bestimmte Art oft nur für ein begrenztes Gebiet Charakterart einer bestimmten Gesellschaft ist, es sich dabei also in erheblichem Maße um lokale Erscheinungen handelt. Damit ist aber nach Ansicht des Referenten die Gefahr einer weitgehenden Zersplitterung in teilweise dazu noch mehr oder minder ungleichwertige Bruchstücke gegeben und wird dem Bestreben, dem Assoziationsbegriff einen umfassenderen Denkinhalt zu geben, bis zu einem gewissen Grade entgegengearbeitet. Ref. ist auch heute noch der Überzeugung, daß eine Assoziation auch ohne den Besitz von gesellschaftstreuen Charakterarten eine floristisch und ökologisch wohl umschriebene, charakteristische Artenkombination sein kann; von diesem Gesichtspunkte aus könnte man vielleicht auch die Stellungnahme des Verf.s zu der GRADMANNschen „Steppenheide" als keine voll befriedigende Lösung empfinden.

W. WANGERIN †.

STEMPELL, WALTER, **Die tierischen Parasiten des Menschen.** Jena: Gustav Fischer 1938. VIII, 226 S. und 219 Abbild. 16 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 12.—, geb. RM 13.50.

Die Parasiten des Menschen haben in Deutschland seit der ziemlich veralteten Darstellung von BRAUN und SEIFERT (1925) keine gemeinsame, lehrbuchmäßige Bearbeitung mehr erfahren. Wer sich über Protozoen unterrichten will, muß das REICHENOW-DOFLEINsche Lehrbuch der Protozoenkunde (1929) heranziehen, für Würmer den Leitfaden von SZIDAT-WIGAND (1934) und für Arthropoden das jetzt zum Teil auch schon überholte Lehrbuch der medizinischen Entomologie von MARTINI (1923). Für alle praktischen Bedürfnisse lag zweifelsohne ein Mangel in dieser Hinsicht vor. STEMPELL beschränkt sich streng auf die Bearbeitung der tierischen Parasiten des Menschen, und unter diesen hebt er wieder nur die allerwichtigsten ausführlicher hervor, behandelt die selteneren Formen nur kurz und verwendet zu ihrer Darstellung, um Platz zu sparen, Kleindruck. Durch diese Beschränkung wird der Stoff knapp, bisweilen fast zu knapp, zusammengedrängt. Der allgemeine, einleitende Abschnitt ist kurz gehalten. Der Hauptabschnitt ist der Beschreibung der Parasiten (in der Reihenfolge des Systems: Protozoen, Würmer, Arthropoden) gewidmet. Ein Verzeichnis der Parasiten nach ihren Fundorten im menschlichen Körper erhöht die praktische Brauchbarkeit. Die Angabe wichtigster Einzelwerke und einschlägiger Zeitschriften erleichtern das weitere Eindringen in dieses Sondergebiet. Das Hauptgewicht wurde auf die Beschreibung und damit auf die Wiedererkennung der Formen gelegt, und um die Wiedererkennung zu erleichtern, sind reichlich Bilder eingefügt worden. Mit Hilfe der Bildbeigaben soll auch der Nichtzoologe in der Lage sein, die häufigen Parasiten wiederzuerkennen. Das Abbildungsmaterial ist teils bekannten Werken entnommen, teils hat es STEMPELL nach eigenen Präparaten neu gezeichnet oder Zeichnung und Photogramm kombiniert oder sich einfach auf die Wiedergabe von Photogrammen beschränkt. Hierdurch sind die Bilder nicht alle gleichmäßig ausgefallen. Gerade für einen Leitfaden, wie den vorliegenden, ist aus didaktischen Gründen ein möglichst gleichmäßiges Bildmaterial erforderlich. Meines Erachtens hätte z. B. zu den Fig. 4, 20, 25, 135, 145, 149 e, 166, 167, 182, 217, 219 c eine ergänzende Zeichnung hinzugefügt werden müssen. Für den Nichtzoologen bedeuten solche Hilfen eine wesentliche Erleichterung. — Abgesehen von diesen — ich möchte sagen: Schönheitsfehlern — ist das Buch für die Praxis und auch für Kurszwecke durchaus geeignet.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.